SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

ACTA
FORESTALIA FENNICA

33.

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT
IN SUOMI

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN SUOMI

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE SUOMI

HELSINKI 1929

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

ACTA FORESTALIA FENNICA

33.

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT
IN SUOMI

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN SUOMI

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE SUOMI

HELSINKI 1929

Acta forestalia fennica 33.

MÄNNYN JUURISTO

MORFOLOGINEN TUTKIMUS

KIRJOITTANUT

ERKKI LAITAKARI

THE ROOT SYSTEM OF PINE

(PINUS SILVESTRIS)

A MORPHOLOGICAL INVESTIGATION

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1927

HELSINKI 1927
SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN SEURAN KIRJAPAINON O. Y.

Sisältö.

[1] Sattuneen erehdyksen takia ei karttojen ja kuvien sivunumerointi ole jatkuva.

Korjauksia.

sivu	rivi	
28	9	alh.: alkuansa, tulee olla: alkunsa.
40	14	ylh.: Heinze, tulee olla: Heintze.
56	9	ylh.: sopivimmaks, tulee olla: sopivimmaksi.
73	4	ensimmäisen taulukon alapuolella on luvun 21 toinen numero kääntynyt väärin päin.
74		ensimmäisen taulukon otsakkeessa: *No. of roo*, tulee olla: *No. of root.*
75		toisen taulukon otsakkeessa: uuren n:o, tulee olla: juuren n:o.
121	3	ensimmäisen taulukon alla: keskisyvyydeks, tulee olla: keskisyvyydeksi.
143	17	ylh. rivissä olevasta aukosta on jäänyt pois: 198-201.
169	1	alh.: WS, tulee olla: SW.
176	3	ensimmäisen taulukon alla: n:o 24, tulee olla: n:o 23.
177	13	ylh.: n:o 24, tulee olla: n:o 23.
197	14	alh.: lääks, tulee olla: lääksi.
219	16	ylh. puuttuu sana puut, jonka tulee olla rivin 4:s sana.
223	4	ylh.: n:o 26, tulee olla: n:o 25.
236	3	taulukon alla: vastainen puoli, tulee olla: alainen puoli.
238	1	ensimmäisen taulukon alla: tämän sivun ensimmäisessä, tulee olla: edellisen sivun.
240		taulukon otsakkeessa: Koealan a koepuun n:o, tulee olla: Koealan ja koepuun n:o.
242	14	alh.: XXX,2, tulee olla: XXXII,2.
253	13	ylh.: XXXI,1, tulee olla: XXX,1.
260	6	alh.: kahden edellisen, tulee olla: puheena olevan ja edellisen.
266		taulukon alimman rivin toisessa sarakkeessa: 1 (1), tulee olla: 3 (3).
267	11	alh.: 34 %, tulee olla: 36 %.
268	14	alh.: esitettävä, tulee olla: esittävä.
269	12	alh.: 1905, b, tulee olla: 1905, a.
271	9	ylh.: 1905, b, tulee olla: 1905, a.
271	9	alh. puuttuu sana muilla, jonka tulee olla rivin 6:s sana.
272	3	alh.: 53, tulee olla: 52.
274	11	ylh.: n:o 11, tulee olla: n:o 10.
277	13	alh.: XXVII, 2 ja 9, tulee olla: XXVII, 9.
278	1	ylh.: XXVII, 6 (kuva 59), tulee olla: XXVII, 4 (kuva 58).
278	7	alh.: 53, tulee olla: 52.
280	2	ylh. tekstissä: Pitkien, tulee olla: Pätkien.
290	11	alh.: 1904, tulee olla: 1906.
291	14	alh.: ilmiöitä, tulee olla: ilmiötä.

294 1 ja 2 alh.: 251, 252 ja 256, tulee olla: 247, 248 ja 252.
300 1 ylh. tekstissä: Kasgasmetsien, tulee olla: Kangasmetsien.
300 3 alh.: Berkman, tulee olla: Berkmann.
301 6 ylh.: beskrivna, tulee olla: olla: beskrifna.

Sivuilla: 43 (rivi 9 alh.), 266 (rivi 5 ylh.), 267 (rivi 12 ylh.), 296 (rivi 9 ylh.), 298 (rivi 7 alh.) on: (1920), tulee olla: (1920, a).

Sivuilla: 272 (rivi 14 ylh.), 273 (rivi 2 alh.), 290 (rivi 11 alh.) on: (1905), tulee olla: (1905, a).

Alkulause.

Käsillä olevaan tutkimukseen ryhdyin pääjohtaja, professori A. K. CAJANDERin neuvosta. Työtäni on hän pitkin aikaa mielenkiinnolla seurannut ja ollut aina valmis antamaan arvokkaita ohjeita ja viittauksia. Kaikesta tästä lausun kunnioitetulle opettajalleni parhaat, vilpittömät kiitokseni.

Auliita neuvoja ovat minulle työni aikana antaneet myös professori V. T. AALTONEN, tohtori LAURI ILVESSALO, tohtori P. KOKKONEN sekä veljeni, tohtori, dosentti AARNE LAITAKARI. Saadusta avusta pyydän tuoda julki sydämelliset kiitokseni. Tohtori JAAKKO KERÄSELLE olen niin ikään kiitollisuuden velassa saamistani tiedoista.

Ulkotöissä on minua kahtena kesänä väsymättömästi avustanut veljeni, maanviljelijä KAARLE LAITAKARI, jonka erikoisen kiitollisena mainitsen. Myös maatalous- ja metsätieteiden kandidaatti N. HILDÉN on minua monin tavoin auttanut töissäni useilla koealoilla, josta häntä parhaiten kiitän.

Metsähallitus on auliisti antanut luvan tutkimukseni edellyttämien kaivuutöiden suorittamiseen alaisillaan metsämailla; niin ikään kaikki yksityiset maanomistajat ja yhtiöiden toimihenkilöt, joiden puoleen olen kääntynyt, ovat ymmärtämyksellä suhtautuneet työhöni ja antaneet suostumuksensa juurten kaivamiseen mailtaan. Kaikille asianomaisille lausun kiitollisen tunnustukseni.

En voi myöskään jättää mainitsematta, että Suomen Metsätieteellinen Seura on tutkimustani rahallisesti tukenut ja tehnyt siten minulle mahdolliseksi melkoisia kustannuksia vaatineen työni suorittamisen.

Huomioon ottaen julkaisuun liitettävän englanninkielisen selostuksen, on käynyt tarpeelliseksi painattaa taulukkojen otsikot sekä kuvien ja karttojen tekstit myös mainitulla kielellä. Muussa tapauksessa olisi nim. laajan tutkimusaineiston hyväksi käyttö selostuksessa vaikeaa, milteipä mahdotonta.

Helsingissä toukokuulla 1927.

ERKKI LAITAKARI.

Johdanto.

Nimenomaan kasvien juuristoa käsittelevä tieteellinen kirjallisuus ei ole hyvinkään laaja. Varsinkin juurten morfologiaa[1] ja biologiaa on tutkittu verraten vähän. Kasvien juuristosta puhutaan kyllä miltei lukemattomissa botaanisissa tutkimuksissa. On kiinnitetty muun ohessa huomiota juuriinkiin ja esitetään tehtyjä havaintoja useimmiten enemmän tai vähemmän sivuasiana. Moni kasvitieteilijä on suorittanut juuriston toimintaa koskevia kokeitakin. Mutta tällaiset irralliset havainnot ja tiedot ovat siroteltuina laajaan botaaniseen kirjallisuuteen. Suhteellisesti harvat tiedemiehet ovat ottaneet selvitelläkseen juuristoa nimenomaisena tutkimusaiheenaan. Tämä on omiaan herättämään kummastusta, koskapa juuriston tuntemisella epäilemättä on jo asianomaisen kasvin viljelemisen, kasvattamisen tai hävittämisen kannalta mitä suurin käytännöllinen merkitys. Kasvien maanalaisten osien tunteminen on sitä paitsi puhtaasti tieteelliseltäkin kannalta tärkeää. Ovathan tiedot jostakin kasvilajista kieltämättä puutteelliset, jos ne rajoittuvat vain sen maanpäälliseen osaan, ja monet ilmiöt kasvien elämässä ja yleensä luonnossa jäävät varmasti selittämättä, ellei juuristoa ja sen toimintaa tunneta.

Juurten tutkimisen merkitys on epäilemättä kyllä oivallettu jo kauan sitten, ainakin osittain. Mutta on olemassa toinen syy, joka on ollut omiaan tekemään juuritutkimukset harvinaisiksi. Syy on siinä, että juurten tutkiminen on sangen vaivalloista. Tavallisissa oloissahan juuret enimmäkseen ovat näkymättömissä, usein paksunkin maakerroksen peittäminä. Pienen taimen nostaa kyllä helposti maasta, mutta monen täysin kehittyneen, vaikkapa vain ruohokasvin kaivaminen juurineen voi kohdata sangen huomattavia vaikeuksia, etenkin jos juuret on kuvaamista varten saatava säilymään loukkaamattomina.

[1] Sanaa käytetään tässä tutkimuksessa sen ahtaammassa merkityksessä. Sen ilmaisemaan käsitteeseen ei siis sisälly anatomiaa.

Selvää on, että varsinkin puukasvien juuristojen esille kaivaminen on hankalaa, ja niitä koskevia tutkimuksia onkin vähimmin suoritettu. Metsätiede, jonka alaan tällaiset tutkimukset lähinnä kuuluvat, on vielä siksi nuori, ettei se ole suuresti ehtinyt näihin asioihin syventyä. Luonnollista myös on, etteivät varsinaiset kasvitieteilijät ole mielellään ryhtyneet ottamaan selkoa puiden juuristoista, lukuun ottamatta aivan pieniä taimia.

Viimeksi kuluneina parina vuosikymmenenä on juuritutkimus saanut uutta vauhtia. On yhä selvemmin tajuttu se tietojen puutteellisuus, joka tällä alalla on ollut vallitsevana. Ja on lisäksi huomattu, että kyseessä oleva tutkimus voi välillisesti olla hyödyksi muillekin tiedon aloille. Puukasvienkin juuristot ovat joutuneet entistä enemmän huomion esineeksi, joskin on myönnettävä, että metsätieteellä tässä on vielä laaja työmaa edessään.

Katsaus aikaisempiin tutkimuksiin.

Käsityksen saamiseksi siitä, millä tavoin kasvien juuristoja on selvitelty ja millä kannalla juuritutkimus nykyään on, luotakoon seuraavassa katsaus tällä alalla aikaisemmin suoritettuun työhön pitäen pääasiassa silmällä puiden juuristoa koskevia morfologisia tutkimuksia ja havaintoja.

Keski-eurooppalaisista tutkijoista mainittakoon ensinnä Th. Hartig. Hän ei kyllä erikoisesti ole selvitellyt puiden juuristoja, mutta hän on teoksissaan antanut lyhyitä ja täsmällisiä kuvauksia niistä. Perusteellisin on mäntyä koskeva, joka lainattakoon tähän teoksesta »Luft-, Boden- und Pflanzenkunde» vuodelta 1851. »Schon vom ersten Jahre ab treibt die Kiefer eine tiefe Pfahlwurzel, die sich meist bis ins hohe Alter vorherrschend erhält; in den ersten Jahren ist die Entwicklung der Seitenwurzeln sehr gering; erst mit dem 20sten—25sten Jahre bilden sie sich stärker heraus, sind aber stets sehr abholzig und verästeln sich bald in dünne Stränge, die auf schlechtem Sandboden in Fingerdicke oft 30—40 Schritt weit dicht unter der Erde ausstreichen. Die Wurzelmenge auf mittelmässigem Boden kann auf 15—20 Proc. der Gesammtmasse angesetzt werden.» Tämä määritelmä sisältää pääasiat siitä, mitä pitkiin aikoihin pidettiin tarpeellisena männyn juuriston ulkonaisista piirteistä tietää. Mistä tiedot ovat peräisin, ei teoksesta selviä, kuten on laita useimpien oppikirjojen. Kuitenkin on todennäköistä, että niin tunnettu kirjailija kuin Th. Hartig oli kuvaukseensa kerännyt kaiken, mitä siihen aikaan kokemuksen tai tutkimuksen nojalla pidettiin varmana.

Noin kymmenen vuotta myöhemmin huomauttaa Nobbe (1862), miten vähän todellisia tietoja on olemassa viljelyskasvienkaan juurista lukuun ottamatta niitä, joita viljellään maanalaisten osien vuoksi. Samassa yhteydessä toteaa hän, että heikossa ravintoliuoksessa juuret kehittyvät pitkiksi, ohuiksi ja vähän haaroviksi, kun taas voimakkaassa liuoksessa juuristo muodostuu lyhyeksi, mutta erittäin haarovaksi. Maissilla te-

kemillään kokeilla hän lisäksi osoittaa, että maassa, jossa ravintoainepitoisuus vaihtelee, syntyy runsaimmin sivujuuria niillä kohdin, missä ravintoaineita on enimmän. Puiden pintamyötäisen juuriston arvelee NOBBE olevan selitettävissä rapautumisen avulla, joka lähellä maanpintaa on runsain ja valmistaa näin juurille paremmat mahdollisuudet kuin syvemmällä olevat, vähemmän rapautuneet kerrokset.

Vuodelta 1871 on pari kiintoisaa männyn juuristoa koskevaa tiedonantoa. VON BINZER kertoo, että Holsteinissa 1 $^1/_2$—2 jalkaa syvemmällä olevat männyn juuret -- ei vain paalujuuri, vaan muutkin - lahoavat ja häviävät 25—50 vuoden iällä sen mukaan, onko kyseessä parempi vai huonompi maalaji. Kun juuristo näin muodostuu pinnalliseksi, aiheutuu tästä kirjoittajan mukaan metsän harveneminen kuivilla ja laihoilla mailla. Edelleen kerrotaan, miten mänty lihavalla, mutta matalapohjaisella (syvyys 2—2 $^1/_2$ jalkaa, sorapohja) maalla menestyy hyvin, mutta ei kehitä paalujuurta. Sitä vastoin sivujuuret kehittyvät runsaasti muodostaen tiheän verkoston, joka leviää perusmaata myöten. Tämä tapaus todistaa tekijän mielestä, ettei paalujuuri ole männylle välttämätön, vaan että se voi ilman sitäkin kasvaa ja kehittyä normaalisesti.

Edellä mainittua kirjoittajaa vastaan polemisoi WAGNER (1871) kertoen, että Brandenburgissa on männyllä laihoilla mailla hyvin syvälle ulottuva paalujuuri ja lisäksi useita syvälle meneviä sivujuuria. On luonnollista — sanoo WAGNER — että metsä lihavalla, syväpohjaisella maalla säilyy tiheämpänä kuin laihalla; selitykseksi ei tarvita juurten lahoamista. VON BINZERin mainitsema matalajuurisuus on WAGNERin mielestä pohjaveden korkean tason tai juurille läpäisemättömän maakerroksen ansiota.

WAGNERin kirjoitukseen, joka on julkaistu samoin kuin v. BINZERinkin aikakauskirjassa »Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen», liittyy toimituksen (nähtävästi BERNHARD DANCKELMANNin) alamuistutus, joka ansaitsee kokonaisuudessaan tulla lainatuksi: »Bodenarmuth, weit ausstreichende Seitenwurzeln und Lichtstellung stehen allerdings auch in Kiefernbeständen der Mark Brandenburg in Beziehung zu einander. In der Breiteläge Oberforsterei Liepe findet man lichte Kiefernbestände auf armem Sandboden, in denen sich die Wurzeln 10 bis 15 Meter weit dicht unter der Oberfläche verbreiten.»

NOBBE julkaisi vuonna 1875 uuden tutkimuksen nimeltä »Beobachtungen und Versuche über die Wurzelbildung der Nadelhölzer». Tutkimus on tullut laajalti tunnetuksi ja antanut paljon herätteitä saman suuntaisen työn jatkamiseen. Mainittuaan että puiden juuristoista on saatu tietoja varsinkin tuulenkaatojen välityksellä, huomauttaa kirjoittaja, että juurten ulottuvaisuuksia on tällä tavoin arvostellen suuresti

aliarvioitu. Pätevimpänä tapana selvitellä puukasvien juuristojen elinsuhteita pitää hän kokeellista menetelmää. Suurimman osan kyseessä olevaa kirjoitelmaa viekin erään mäntyä, kuusta ja jalokuusta koskevan kokeen esittely. Astioihin oli kylvetty mainittujen puulajien siemenet, ja taimia kasvatettiin samanlaisissa oloissa kuusi kuukautta. Kun ne oli varovaisesti irroitettu maasta, tutkittiin ja mitattiin juuristo tarkoin sekä maanpäällinenkin osa. Huomiota oli omiaan herättämään männyn juurten moninkertainen luku verrattuna kuuseen, jolla puolestaan oli kaksi vertaa enemmän juuria kuin jalokuusella. Juurten pituudessakin oli hyvin suuria eroja. Niinpä männyn taimella tasaisin luvuin oli 12 metriä juuria, kuusella 2 ja jalokuusella 1 metri. On laskettu myös juuristojen ja maanpäällisten osien pinta-alat. Näitä verrattaessa asettuvat puut samaan järjestykseen kuin edellä. Maanpäällisiin osiin nähden ei mänty kuitenkaan ollut yhtä ylivoimainen kuin juuriltaan. Männyn vaatimattomuuden kasvupaikkaan nähden selittää kirjoittaja johtuvan sen runsaasta juuristosta, joka kykenee ulottamaan säikeensä laajalle ja siten voi saada kylliksi ravintoa laihastakin maaperästä. Myös männyn istuttamisvaikeus selitetään kokeitten valossa. Juuriston laajuuden ohella mainitaan vaikeuttavana asianhaarana se seikka, että männyn juurella on heikko kyky uudistua katkeamisen jälkeen, joka tapauksessa paljon heikompi kuin kuusen vastaava kyky.

Nobben tutkimus on välittömästi antanut aiheen pariin Venäjällä suoritettuun puun taimien juuristoja koskevaan kokeeseen. Näistä mainittakoon ensinnä Ter-Sarkisovin toimittamat (1882) männyn, kuusen ja pihtakuusen taimia koskevat kokeet, joiden tarkoituksena oli verrata keskenään mainittujen puiden juuristoja sekä sitä paitsi selvittää, mitä erilainen maalaji vaikuttaa juuriston kehitykseen. Käytetyt maalajit olivat hiekka, savi ja multa. Taimia kasvatettiin astioissa neljä kuukautta, jonka jälkeen juuret mitattiin ja luettiin. Osoittautui, että männyn juuret olivat sekä lukunsa että pituutensa puolesta melkoisesti edellä kuusesta, mutta vielä enemmän pihtakuusesta. Ainoastaan multamaassa kasvaneiden männyn ja kuusen taimien juuristoilla oli sama pituus. Hiekassa kehittyivät kaikkien kokeilun alaisten taimien juuret lukuisimmiksi ja pisimmiksi. Seuraava oli järjestyksessä savi ja sitten multamaa. — Toinen mainituista venäläisistä tutkielmista on M. Savitšin (1882) tekemä. Se pyrkii selvittämään, mitä maahiukkasten koko vaikuttaa juuriston kehitykseen. Kokeiltavina ovat tässäkin mänty, kuusi ja pihtakuusi, joita niin ikään kasvatettiin neljä kuukautta. Maa valmistettiin keinotekoisesti murskaamalla hohkakiveä, josta siivilöimällä saatiin kolmea

karkeusastetta. Ensimmäisen osasten läpimitta oli 1 mm, toisen 0.5 mm ja kolmannen 0.02 –0.05 mm. Varsin huomattavaa eroa ei ollut juurten lukuun ja mittaan nähden verrattaessa kahta ensimmäistä karkeusastetta, mutta hienoimmassa maassa oli sekä juurten luku että niiden pituus merkittävästi pienempi kuin karkeammissa maissa. Huomiota ansaitsee se seikka, että männyn juurten luku keskimäärin on pienempi ja niiden pituus vain hiukan suurempi kuin kuusen vastaavat luvut.

Suunnilleen samoihin aikoihin kuin edellä mainitut, ilmestyi ranskalaisen E. MERin (1880) tutkimus juuren rakenteen ja muodon mukautumisesta eri olosuhteisiin. Kokeiltuaan eräällä hernekasvilla saattoi hän panna merkille muutamia mielenkiintoisia seikkoja. Niinpä hänen havaintojensa mukaan juuren pituuskasvun ollessa heikoimmillaan, se kehittyy vahvaksi ja mutkaiseksi sekä muodostaa runsaasti sivuhaaroja ja juurihapsia. Pituuskasvu taas on hidasta silloin kuin juuri kohtaa mekaanisia esteitä tai sen veden saanti on rajoitettua. Vedessä kehittyvät juuret täten pitkiksi ja haarovat vähän, samoin on asianlaita vähimmin hygroskooppisissa maalajeissa, kuten hiekassa. Humusmaassa sen sijaan syntyy runsaasti sivujuuria, ja kasvu on hitaampaa, koska maa on hygroskooppista ja pidättää siis paljon vettä.

Eräitä juuriston rakenteen yksityiskohtia kosketteelevat REINKEn (1871), KLEINin ja SZABÓn (1880), SCHWARZin (1883) ja BERGGRENin (1887) tutkimukset, joilla ei käsillä olevan aiheen kannalta ole suurta merkitystä, mutta osoittavat, että vilkasta harrastusta oli näihin aikoihin eri tahoilla olemassa juuria koskevien seikkojen selvittelyyn.

Eräs SCHWARZin myöhemmistä tutkimuksista (1892) ansaitsee tässä enemmän huomiota. Se perustuu nuorilla männyn taimilla tehtyihin kokeisiin. Taimet kasvatettiin vuoden vanhoiksi astioissa, joissa oli puhdasta hiekkaa, käyttäen eri vahvuisia ravintoliuoksia sekä eri suuria vesimääriä. Eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta väheni juurten pituus ravintosuolojen määrän kasvaessa. Kuivissa maissa syntyy luonnollisesti helpommin liian suuri konsentraatio. Löyhässä maassa on tekijän huomioiden mukaan juurten kehitys huomattavasti rikkaampi kuin tiiviissä, vaikka ravintoaine- ja vesipitoisuus olisi sama. — Joskin maaliuoksen suuri konsentraatio alentaakin juurten kasvua, kehittyvät neulaset tällöin runsaammiksi kuin laihalla hiekkamaalla. Erään aikaisemman koesarjan mukaan toteaa kirjoittaja, että juuriston prosenttinen osuus koko kasvin painosta vähenee sikäli kuin maan ravintoainepitoisuus lisääntyy. Suurimman kokonaispainon saavutti juuristo samoin kuin koko kasvikin keskinkertaisen ravintosuolapitoisuuden vallitessa. Paalujuuri

ja sivujuuret eivät kokeiden mukaan suhtaudu samoin suuren konsentraation aiheuttamaan redusoitumiseen, ensin mainittu nim. tuskin ollenkaan pidättyy kasvussaan. Sen prosenttinen osuus juuriston pituudesta siis lisääntyy sen mukaan kuin ravintoliuos väkevöityy. Lopuksi huomauttaa tekijä, että olosuhteet toisilla maalajeilla kokeiltaessa voivat antaa aihetta erilaisiin tuloksiin.

Huomiota ansaitsee Ramannin vuonna 1892 julkaisema tutkimus vallitsevien, myötävallitsevien ja vallittujen puiden ravitsemissuhteista. Hän on m.m. todennut, että vallittujen puiden runkopuu sisältää paljon vähemmän mineraalisia ravintoaineita kuin vallitsevien, ja päättää, että eräiden puiden kasvussaan jälkeen jääminen johtuu ensi kädessä liian vähäisestä mineraalisten ravintoaineiden otosta. Syynä tähän on tekijän mukaan joko kilpailu voimakkaampien yksilöiden taholta tai yksilölliset ominaisuudet tai myös satunnaiset epäsuotuisat vaikuttimet, joiden joukossa varjostuksella voi olla huomattava sija. Kokeet on tehty hiekkamaan männyllä. Käytännöllisenä tuloksena esittää kirjoittaja, että mäntymetsiköissä on vältettävä voimakkaitten yksilöjen poistamista, koska jäljelle jääneiden puiden ravitsemisen ja juuriston kehityksen täytyy suuresti muuttua ennen kuin ne kykenevät vastaamaan vallitsevia puita.

Rimbach esittää (1899) eräiden morfologisten ja fysiologisten ominaisuuksien nojalla putkilokasvien (»korkeampien kasvien») juurten jaoituksen neljään tyyppiin. Nämä ovat ravitsemisjuuret (Nährwurzeln), kiinnitysjuuret (starre Haftwurzeln), kutistumisjuuret (Zugwurzeln) ja varastoimisjuuret (Speicherwurzeln). Muiden ryhmien toiminta selviää jo nimestä, kolmanteen kuuluu juuria, joilla on kyky kutistua pituussuuntaan, mikä aiheuttaa sen, että kasvin maanpäälliset osat tulevat osittain vedetyksi maan sisään. Kaikki esimerkit ovat otetut ruohokasveista; vain kiinnitysjuurista mainitaan esimerkkinä eräät palmulajit, joilla on maanpinnan yläpuolelle ulottuvia, niin sanottuja puujalkajuuria (Stelzwurzeln).

Laajahkon tutkielman puun juurten kasvutavasta ja muodoista julkaisee Büsgen vuonna 1901. Samalla kuin siinä selostetaan aikaisempien tutkimusten tuloksia, tuodaan myös esille omiin havaintoihin ja kokeisiin nojaavia mielipiteitä. Puhuttaessa juurten yleisistä ominaisuuksista mainitaan, että pääjuuri pyrkii alaspäin, kun taas ensimmäisen asteen sivujuuret kasvavat melkein horisontaalisesti. Seuraavien asteiden sivujuurilla tämä on heikommin huomattavissa. Sivujuuret kykenevät muuttamaan alkuperäistä suuntaansa ja hakemaan kosteita paikkoja.

Sen sijaan ne eivät samalla tavoin kykene hakemaan ravintoaineista rikasta maata. Mutta kohdatessaan laihan seudun kasvavat ne nopeasti ohitse, kunnes sattuvat parempaan kohtaan, jolloin ne kehittävät tiheän verkoston voidakseen käyttää hyväkseen saatavissa olevan ravinnon. — Sivujuurten asettumisesta mainitaan Nollin mukaan, että ne lähtevät juuren muodostaman kaaren kuperalta puolelta, mikä on tietenkin eduksi juuriston leviämisen kannalta. — Juuren käyristyminen ei ole eduksi sen pituuskasvulle; käyristynyt juuri ei saavuta samaa pituutta kuin suoraan kasvanut. Toiselta puolen tiedetään kokeiden nojalla, että tällainen juurten kasvun hidastuminen edistää hedelmäsatoa. Sen vuoksi puutarhurit asettavat laakakiven istutettavan hedelmäpuun alle, jotta juuret joutuvat käyristymään vertikaalisesta suunnastaan. — Samoin kuin voidaan erottaa esim. männyllä pituutta kasvavat versot ja kääpiöversot, erotetaan myös, varsinkin havupuilla, piteneviä juuria ja lyhyiksi jääviä. Viimeksi mainitut eroavat edellisistä siinä, että niiltä usein puuttuu juurihapsia; sen sijaan ovat ne eräillä puulajeilla sienen peittämiä, n.s. mykorritsoja.

Lehtipuiden juuristosta mainitsee Büsgen, että se eroaa jo pintapuolisesti tarkastettaessa havupuista hienosyisen rakenteensa takia, jonka lisäksi niiden vuoden aikana kehittämä juurimäärä pituuden puolesta on paljon edellä havupuista. Esimerkkinä kerrotaan, että 2—3-vuotisen saarnen juurten yhteinen pituus oli 40 m, kun samoissa oloissa kasvaneen kuusen juurten pituus oli vain 8.25 m. Saarni onkin käyttämäänsä vesimäärään nähden ensimmäinen lehtipuiden joukossa, ja tämän mukaisesti onkin sen juuristo omiaan suurten vesimäärien imemiseen. Kokonsa puolesta voittaa se esim. monin kerroin pyökin, jonka juuristo vallitsee paljon pienempää maavolyymiä. Mutta pyökin hieno- ja monihaarainen juuristo käyttää sen sijaan paljon tarkemmin vallitsemansa tilan. Saarnen juuristoa nimitetään ekstensiiviseksi ja pyökin intensiiviseksi. Ravintoaineiden otossa voivat molemmat muodot olla yhtä tehokkaita, mutta veden otossa on ekstensiivinen etevämpi. — Vaahteran juuristo on monessa suhteessa kuin saarnen ja pyökin välimuoto. Tammen ja pähkinäpuun sekä valkopyökin juuristot muistuttavat muotonsa puolesta pyökkiä, kun taas lepän ja lehmuksen muistuttavat saarnen ja vaahteran juuristoa.

Juurten kasvuajasta esittää Büsgen sekä aikaisempien tutkijain että omia, kokeisiin nojaavia mielipiteitä. Lopputuloksena mainitaan, että puiden juurilla on kaksi voimakkaan kasvun kautta, nim. keväällä ja syksyllä. Kesällä (heinä—elokuussa) on kasvu heikompaa, ja talvikuukausina (joulu-, tammi- ja helmikuussa) on se keskeytyneenä. Juurten

talvilepo alkaa myöhemmin kuin maanpäällisten osien siitä syystä, että lämpö säilyy maassa kauemmin kuin ilmassa. Vaikka juurten kasvu keskikesällä suurimman haihdunnan aikana onkin heikentynyttä, on niiden työskentely silti tällöin voimakkaimmillaan. Uusia juuria näyttää muodostuvan pääasiassa keväällä ja syksyllä. Täten korvaa juuristo kosteuden menetyksen kesällä ja varaa mineraalisia ravintoaineita uutta kasvukautta varten.

Vuotta myöhemmin kuin Büsgenin tuli julkisuuteen toinenkin laajahko juuria koskeva tutkielma, nim. Freidenfeltin (1902). Se käsittelee kyllä pääasiallisesti ruohokasveja, mutta ansaitsee eräiltä osiltaan tulla tässä yhteydessäkin mainituksi. Aluksi huomauttaa tekijä, miten juurten morfologian ja biologian tutkiminen on jäänyt takapajulle, vaikka niiden anatomiaan on kyllä kiinnitetty paljonkin huomiota. Luodaan sitten katsaus juurten erilaisiin tehtäviin. Veden ja ravinnon ottoon on ensinnäkin sopivin sellainen juuristo, jonka absorboiva pinta on suuri. Jotta tämä saavutettaisiin, täytyy jokaisen ensi asteen juuren haaraantua ja niin edelleen. Kun plastillinen materiaali on rajoitettu, täytyy haarojen olla ohuita, jolloin ne myös vähimmin haittaavat toisiaan. Kun on kyseessä kasvin kiinnittäminen alustaansa, on sellainen juuri tehokkain, joka on paksu ja ulottuu syvälle sekä haaraantuu vasta lopussa. Jos taas juuren tarkoituksena on vararavinnon säilyttäminen, tulee sen olla turvonnut, yhtenäinen ja lähellä pintaa.

Ympäristön vaikutuksesta juuriston muotoon tekee Freidenfelt verraten laajasti selkoa pääasiallisesti nojautuen aikaisempiin tutkimuksiin. Mainitaan m.m., että maaperän ilmanvaihdon vaikutuksesta juuriin ei ole tarkkoja tutkimuksia olemassa, mutta kokemuksen perusteella pidetään varmana, että ilmarikkaassa maassa juurimassa ja juurihapsien runsaus on suurempi kuin ilmaköyhässä. Eri maalajit vaikuttavat myös fysikaalisen kokoomuksensa välityksellä juuristoon. Täten ovat juuret kuohkeilla mailla yleensä pitkiä; jäykällä savimaalla tavataan kohtisuoraan alaspäin kasvavia kimputtaisia juuria. E. Gainin mukaan selitetään, että juuristo kuivassa maassa kehittyy suhteellisesti runsaammin kuin maanpäälliset osat; ja edelleen lisätään, että kuivassa maassa pääjuuri usein on hyvin kehittynyt ja menee väliin syvälle maahan ennen kuin haaraantuu. Kosteahkossa maassa taas on haaraantuminen runsaampaa, samoin sivujuurten muodostuminen, jotenka pääjuuri voi kokonaan hävitä. — Kasvien kyky kestää kuivuutta riippuu osaksi juuriston kyvystä tunkeutua syvälle maahan. Esimerkkinä tästä kerrotaan Déhérainin mukaan, miten kuivana kesänä 1893 *Lolium perenne* kuivui samalla pai-

kalla, jossa eräs viljalaji säilyi hengissä. Edellisen juuret ulottuivat korkeintaan 0.75 m:n syvyyteen, jälkimmäisen taas aina 2 m:iin.

Erikoisen osan FREIDENFELTin kirjoituksessa muodostaa juuristotyyppien esittely. Ennen sitä on kuitenkin mainittava eri juurilaatujen määritelmä, joka lainattakoon sellaisenaan: »Mit dem Namen Adventivwurzel oder Wurzel erster Ordnung bezeichne ich im Folgenden jede von einer Stammpartie ausgehende Wurzel, welche nicht die bei der Keimung des Samens gebildete Hauptwurzel ist; die Bezeichnung Nebenwurzel wird ausschliesslich für Wurzeln zweiter oder höherer Ordnung benutzt, es sei nun dass sie von der Hauptwurzel oder den Adventivwurzeln ausgehen.» Pääjuurimuotoja erotetaan nyt seuraavat: ratastyyppi (Ruderrattypus), keskustyyppi (Centraltypus) ja paalujuurityyppi (Pfahlwurzeltypus) ja adventiivimuotoja useita, jotka kuitenkin jakaantuvat kahteen pääryhmään, nim. mesofiilis-kserofiiliset tyypit ja hydrofiiliset tyypit. — Ratastyyppisen juuriston pääjuuri tunkee aluksi suoraan alas, mutta heti maanpinnan alla alkaa sivujuuria eritä, ja pian hajoaa koko juuri haaroiksi. Useat tämän ryhmän kasvit ovat pellon rikkaruohoja, joille kiinnittyminen ei ole tärkeää, ne kun ovat suojassa tuulilta. Keskustyyppinen juuristo esiintyy, milloin kiinnittymistarve on suurempi ja maa kuivempaa ja ravintoköyhempää. Pääjuuri tunkee jonkun matkaa maahan ja säilyttää jossain määrin pääjuuren luonteensa. - Paalujuurityyppi tavataan kasveilla, joille on tärkeää luja kiinnittyminen; eräillä kserofyyteillä toimii paalujuuri lisäksi varastoimiselimenä. Maaperän kosteussuhteet vaikuttavat paalujuuren muodostumiseen siten, että kuivuus suosii sen kehittymistä, kun taas suuri vesiperäisyys aiheuttaa adventiivijuurten syntymistä paalujuuren tilalle. - FREIDENFELTin tutkielmaan liittyy erinomaisen laaja, 505 numeroa käsittävä kirjallisuusluettelo vuoden 1900 loppuun ilmestyneistä, juurten biologiaa, morfologiaa ja anatomiaa käsittelevistä tai sivuavista julkaisuista.

Keski-eurooppalaisesta kirjallisuudesta siirryttäköön välillä tarkastamaan itä-eurooppalaista. 1900-luvun alkuvuosista ja osittain jo ennen vuosisadan vaihdetta ruvettiin Venäjällä kiinnittämään melkoista huomiota puiden juuriin ja niiden toimintaan. Niinpä OTOTSKI (1899) tekemiensä mittausten nojalla totesi, että pohjavesi muuten samanlaisten olojen vallitessa on metsässä syvemmällä kuin aukealla. Osa tutkimuksia on suoritettu lähellä Suomen rajaa, osa Venäjän steppialueella, jossa ilmiö esiintyy vielä jyrkempänä. Saman havainnon on VYISOTSKI (1899) tehnyt Veliko-Anadolissa etelä-Venäjällä. Hän mainitsee erikoisesti,

että juurten kuivattava toiminta on syynä pohjaveden syvyyteen. Erikoisesti huomattava on se suuri merkitys, jonka mainittu tutkija on todennut elollisilla juurilla olevan maaperän möyhentäjänä. Tämä toiminta on verrattavissa kastematojen työhön, jota se vahvistaa ja täydentää. Edelleen osoitetaan, että juuret käyttävät usein hyväkseen lierojen y.m. eliöiden sekä kuolleiden ja lahoavien juurten jättämiä käytäviä, varsinkin syvälle joutuessaan. Juurten haarautumisen ja käytävien yhtymisen vuoksi saattaa jo 2—4 m:n syvyydellä tavata useita juuria samassa käytävässä. Kirjoittaja on todennut, että juuret mainitunlaisia käytäviä myöten voivat tunkeutua aina 8 m:n syvyyteen. Jouduttuaan näin kosteaan maakerrokseen näyttävät juuret voivan kulkea itsenäisestikin, ja niitä on tavattu jopa 13 m:n syvyydessä, missä ei enää mitään eliöiden käytäviä ollut. Tekijä mainitsee kuitenkin, että näin syvälle tunkeutuvat vain ani harvat juuret. — Esityksestä ei käy ilmi, milloin tarkoitetaan puiden, milloin ruohokasvien juuria, mutta monessa tapauksessa ovat varmasti kyseessä nimenomaan puiden tai pensaiden juuret, mikä selviää m.m. kirjoitukseen liittyvistä kuvista.

Myös tunnettu venäläinen metsätieteilijä Morozov on selostaessaan kokeilupuistoissa suoritettuja metsäkulttuureja (1900, 1902) omistanut jonkin verran huomiota eri puulajien taimien juuristoille. Niinpä mainitaan muutamia sanoja vaahteran, jalavan, koivun ja männyn juuristoista sekä esitetään kuvia niistä. Kuvatut taimet olivat iältään 2—8-vuotisia.

Morozov on myös vienyt juuritutkimusta eteenpäin kiinnittämällä muiden huomion tähän työalaan. Venäjällä esiintyy nim. varsinkin 1900-luvun ensimmäisenä vuosikymmenenä joukko tiedemiehiä, jotka ottavat nimenomaan selvitelläkseen puiden juuristoja taikka sitten muiden tutkimusten yhteydessä luovat valaistusta tähän kysymykseen. Ensimmäisenä on mainittava Tolski, jonka etupäässä männyn juuristoa koskevia tutkimuksia ilmestyi vuosina 1904—1913. Koska hänen julkaisujensa painopiste kuitenkin sattuu sanotun ajanjakson keskivaiheille, lienee syytä ensin ottaa puheeksi pari muuta sitä ennen ilmestynyttä tutkimusta.

Jo ennen mainittu Vyisotski (1906) on suorittaessaan maaperätieteellis-kasvitieteellisiä tutkimuksia Tulan kuvernementissa ottanut selvitelläkseen myös tammen juuristoa. Hän on kaivanut juurineen pari isohkoa ja pari pientä puuta ja pannut merkille, että vahvimmat juuret lähtivät vaakasuorasti joka suuntaan kulkien 10—25 cm:n syvyydellä. Näistä, läheltä tyveä, lähti useita vankkoja juuria kohtisuoraan alaspäin;

eräät suuntautuivat jonkin verran vinosti. Vertikaalisia juuria lähti lisäksi tyven keskeltä kuin rungon jatkoksi. Nämä »paalujuuret» olivat tuskin vahvempia kuin ensin mainitut vaakasuorista haaraantuneet. Nuorilla puilla on paalujuuri vallitsevana, ja horisontaaliset juuret alkavat vasta 30—40 vuoden iällä viedä voiton. Huomiota on kiinnitetty juurten välisiin yhteenkasvettumiin, jollaisia ei kuitenkaan ole huomattu eri puuyksilöjen välillä. Edelleen on pantu merkille, että vahvat horisontaaliset juuret ovat läheltä tyveä sivuilta litistyneitä, mikä ominaisuus vähenee siirryttäessä tyveltä pois. Vertikaalisia puiden juuria tavattiin aina 3 m:n syvyyteen, mutta vesiperäisestä hiekasta 4 m:n syvyydeltä ei ohuitakaan juuria enää löytynyt. Huomattiin, että juuret jouduttuaan tiiviiseen maakerrokseen käyttävät kulkuteinään lierojen käytäviä ja vesirakoja, kunnes saavutettuaan taas pehmeämmän kerroksen voivat kulkea omintakeisesti. Esitystä selventää pari valokuvaa, joissa näkyy lähellä puun tyveä oleva osa juuristoa.

Samana vuonna (1906) kuin edellinen ilmestyi V. SAVITŠin tutkimus, joka osaksi käsittelee männyn juuristoa. Hän oli saanut tehtäväkseen selvittää floristisia ja ekologisia olosuhteita Buzulukin metsässä Samaran kuvernementissa. Todettuaan että erilaiset kasvuedellytykset painavat leimansa kasvien maanpäällisiin osiin, sai hän aiheen tarkastaa, olisiko asianlaita samoin juuristoonkin nähden. Kyseessä oleva metsä sijaitsee hiekkadyyneillä; puukasveista on mänty vallitseva. Kasvupaikkoja on erotettu pintakasvillisuuden mukaan: 1) *Pinetum cladinosum*, 2) *Pinetum hylocomiosum* ja 3) *Pinetum herbosum*. Näiltä mäntykankailta tutkittiin muutamia nuoria puita, iältään 5—20 vuotta. Tuloksena mainitaan ensinnäkin, että mänty useimmiten kasvattaa paalujuuren, joka 5—10-vuotisilla puilla ulottuu n. 50 cm:n syvyyteen. Yleensä on paalujuuren pituus suhteellinen rungon pituuteen; kuitenkin tavattiin eräällä metrin mittaisella männyllä paalujuuri, jonka pituus oli 2.5 m. Muun juuriston suhteen on huomattu pieniä eroja kasvupaikan mukaan. Jäkäläkankaalla kulkevat juuret aivan lähellä pintaa kuitenkaan koskematta n. 1 cm:n vahvuiseen humukseen. Seinäsammalkankaalla on juuristo myös aivan pinnallinen, mutta useat pienet juurihaarat kasvavat 3 $^1/_2$ cm:n vahvuisessa humuskerroksessa. Ruohikkokankaallakin on enin osa juuria sijoittunut lähelle pintaa kuitenkaan kajoamatta 4 cm:n paksuiseen mullakseen. Juuristo eroaa edellä mainituista siinä, että eräät juuret kääntyvät jonkin matkan päässä puun tyvestä suoraan alaspäin ulottuen toisinaan yhtä syvälle kuin paalujuurikin. Selostetaan vielä eräiltä välityypeiltä kaivettuja puita, joiden juuristot edustavat edellä kuvattujen välimuotoja. — Juu-

riston sijaitsemisen lähellä pintaa selittää kirjoittaja SUKATŠEVin (1904) mukaan johtuvan siitä, että sammalen muodostama humus estää juurten ilmanvaihtoa ja täten pakottaa ne lähelle maanpintaa. Omasta puolestaan lisää hän, että myös humuksen ravinto- ja vesipitoisuus voi vaikuttaa asiaan. Sen seikan, että juuret välttävät jäkäläpeitteen muodostamaa humusta, arvellaan johtuvan sen tiiviydestä. On pantu merkille, että juuret toisinaan kulkevat vanhan lahon juuren sisällä käyttäen hyväkseen näin tarjoutuvaa helppoa kulkutietä. Myös kerrotaan, että eräässä tapauksessa männyn juuri kulki ison puun juuren alla lähelle tämän paalujuurta pyrkien tällä tavoin hyötymään siitä sadevedestä, joka puun runkoa myöten valuu maahan. Kuvausta juuristoista selventävät sivulta päin katsotut, koko taimia esittävät piirrokset.

Edellä jo mainittu TOLSKI on ensimmäinen, joka varsinaisena tutkimusaineenaan on ryhtynyt selvittelemään puiden juuriston rakennetta. Erikoisesti hän on kohdistanut huomionsa männyn juuristoon, jota käsitteleviä julkaisuja on ilmestynyt vuosina 1904, 1905, 1907 ja 1911. Ne muodostavat tavallaan yhtenäisen tutkimuksen, jonka tuloksia on julkaistu useammassa osassa. Paitsi näitä on vielä mainittava pari tutkimusta vuosilta 1905 ja 1913, jotka läheltä sivuavat männyn juuristoa. TOLSKI on tutkimusmenetelmissään pyrkinyt suureen objektiivisuuteen ja koettanut mikäli mahdollista mittausten avulla saada esille juuriston erilaisia suhteita. Myös tutkittavan puun maanpäällinen osa, ympäristö ja muut asiaan vaikuttavat seikat on yleensä otettu huomioon ja selostettu, joskin tässä suhteessa on puutteellisuuksia, varsinkin aikaisemmissa julkaisuissa. Kaikki tutkimukset on suoritettu Buzulukin kokeilumetsässä Samaran kuvernementissa. Aiheen niihin antoi mäntynuorennoksen puute mainitulla metsäalueella. Tahdottiin tutkia tämän puutteen syitä ja samalla selvittää mäntymetsien kehittymiselle välttämättömät elinehdot. Seurattaessa nuorennoksen ja taimien kehitystä kiintyi sitten huomio niiden erilaisiin juuristoihin. Juuristot kaivettiin kokonaisuudessaan esiin noudattaen mahdollisimman suurta varovaisuutta. Mittaukset toimitettiin paikalla, milloin isohkot puut olivat kyseessä. Muistiin merkittiin erikseen horisontaalisten ja erikseen vertikaalisten juurten pituus, myöhemmissä tutkimuksissa lisäksi juuren alku- ja päätekohdan syvyys. Kaivauksia suoritettiin alunperin erilaisilla mailla, kuten hiekka-, savi- ja mustanmullan mailla, niin ikään paikoilla, jotka asemansa puolesta erosivat toisistaan, kuten hiekkadyynien laella ja rinteillä sekä niiden välisissä notkoissa. Kaikkiaan kaivettiin juurineen 95 mäntyä, joista suurin osa oli iältään alle 20 vuotta; vain

muutamat olivat lähemmäs 100-vuotiaita. Lehtipuita tutkittiin 13, mutta ainoastaan 5:stä on julkaistu tietoja. — Jo vuonna 1905 johduttiin m.m. seuraaviin päätelmiin: 1) Lihavilla mailla on juurten yhteinen pituus pienempi kuin karuilla. 2) Ensimmäisessä tapauksessa on syvälle menevien juurten kehitys vallitseva, toisessa pinnallisten. 3) Syvimmälle menevät juuret ovat tavallisesti sivujuuria, jotka lähtevät pintajuurista niiden alaspäin suuntautuvina haaroina. 4) Päätekijä, joka määrää juurten pituuden, on kosteus. Jos sitä on liikaa, kehittyvät vain pintajuuret, kuten esim. soilla. Jos taas kosteutta on riittämättömästi, s.o. jos pohjavesi on niin syvällä, ettei se vaikuta pintamaan kosteuteen, kehittyvät myös pääasiassa pintajuuret, joiden muodostama verkko kuitenkin on tällöin tiheämpi kuin edellisessä tapauksessa. 5) Saavutettuaan pohjaveden alkavat vertikaaliset juuret kasvaa horisontaaliseen suuntaan. Vanhoilla puilla huomataan joskus tällaisia kerroksia useampia kuin yksi. Ne vastaavat nähtävästi pohjaveden korkeuksia eri aikakausina puiden elinaikana. 6) Juurten päätehaaromat ovat terveillä puilla tunnusomaisen muotoisia. Ne kehittyvät vertikaalisissa tasoissa, mutta saavutettuaan pohjaveden horisontaalisissa.

Kun lisäksi oli tehty mittauksia juurten syvyyksistä, huomattiin, että myös horisontaalisten juurten syvyys oli määrätyssä suhteessa maaperän kosteuteen, nim. siten, että kuivilla paikoilla horisontaalinen juuristo saattoi olla aivan pinnallinen, mutta tuoreilla mailla melko syvässä. — Tutkiessaan juurten kasvun kulkua on Tolski todennut talvisen lepokauden, mutta kesällä sattuva on ollut havaittavissa vain kuivina kesinä. Juurten kuivattavasta vaikutuksesta on hän tullut siihen tulokseen, että vertikaaliset juuret kuivattavat lieriömäisen maavolyymin ympäriltään; horisontaalisten juurten kuivattavaa vaikutusta pitää hän sen sijaan pienenä.

Vuonna 1911 ilmestyneessä tutkimuksessa huomataan menetelmiin nähden se melkoinen parannus, että horisontaalinen juuristo kuvataan kartan avulla. Tähän asti oli käytetty vain vertikaalisia piirroksia, joissa vaakasuora juuristo saatiin hyvin vaillinaisesti esille. Tehtäväksi otettiin nyt tutkia, miten yksinäisenä kasvaneen ja tiheikössä kehittyneen puun juuristot suhtautuvat toisiinsa. Todettiin, että avoimella kentällä horisontaalinen juuriverkosto oli laajempi ja tiheämpi kuin metsikön keskessä. Tiheyden selitetään johtuvan juuren kärkien vuosittain sattuvasta kuihtumisesta, kuolleitten kärkien tilalle kun tavallisesti kehittyy useampia uusia. Kuolleita juuren kärkiä todettiin muuten kesä- ja heinäkuussa v. 1908 edullisillakin kasvupaikoilla niin paljon, että vain muutama

% oli toiminnassa. — Juurikarttojen avulla on saatettu tarkastaa juurten suuntautumista, ja eräissä tapauksissa on voitu tämä suuntautuminen selittää kosteus- y.m. ympäröivien olosuhteiden nojalla. — Myös juuriston tiheyttä erilaisilla kasvupaikoilla ja metsikön tiheyden vaihdellessa on selvitetty. Tätä varten tutkittiin 1 m:n suuruisia koealoja, joilla juurten määrä selvitettiin 5 cm:n kerroksin alkaen pinnasta niin syvälle kuin juuria tavattiin. Kustakin kerroksesta piirrettiin kartta. Tulokseksi saatiin, että juurten määrä pinta-alayksiköllä on suorassa suhteessa metsikön tiheyteen. Vaikuttavatko maaperä tai muut ympäristön olosuhteet juuriston tiheyteen, ei tullut selvitetyksi. — Mainita ansaitsee vielä, että tutkimusten kestäessä useasti huomattiin vertikaalisten juurten seuraavan vanhojen lahoavien juurten uomia, jolloin ne käyttävät hyväkseen kulkutien suurempaa kosteutta ja pienempää vastustusta ympäristöön verrattuna.

Erillisinä tässä selostetusta tutkimussarjasta on Tolski, kuten mainittu, julkaissut pari tutkimusta, jotka koskevat osittain myös männyn juuristoa. Toinen näistä on ilmestynyt vuonna 1905 ja käsittelee maaperän kosteuden vaikutusta männyn taimien kehitykseen. Astiakokeiden nojalla voitiin yhden kasvukauden ajan kehittyneistä taimista tehdä seuraavia johtopäätöksiä: Maanpäällisten ja -alaisten osien massa oli suorassa suhteessa maaperän kosteuteen taimen vedenkäyttökyvyn rajoissa. Jos taas vettä oli liikaa, kehittyi juuristo hyvin heikosti, ja syntyi etupäässä pinnallisia juuria, lisäksi olivat juurten kärjet tällöin useasti kuolleita. Liiallisen kuivuuden aikana ei juuristo kehittynyt sanottavasti lainkaan; ainoastaan ohut, nauhamainen pääjuuri muodostui. — Toinen vain osittain männyn juuristoa koskeva Tolskin tutkimus on julkaistu vuonna 1913 ja käsittelee meteorologisten olosuhteiden vaikutusta männyn kehitykseen Buzulukin metsässä. Tässä kysymykseen tuleva osa selvittelee erikoisesti männyn kuivalatvaisuutta ja sen suhtautumista puun vesivarastoihin. On tultu erikoismittausten nojalla siihen tulokseen, että puu keskikesällä, jolloin useimmat juuren kärjet eivät toimi, saa haihduttamiseen kuluvan vesimäärän rungostaan. Rungon vesivarasto tulee jälleen täydennetyksi syksyn ja kevään kuluessa. Jos nyt puu kasvaa yksikseen, kehittyy sen latvus suhteettoman suureksi, ja haihduttamiseen kuluu suuret määrät vettä. Vaikkakin juuristo myös aukealla laajenee tavallista suuremmaksi, voi tasapaino veden kulutuksen ja hankinnan välillä häiriintyä, etenkin kun puun sisältämän vesimäärän jakautuminen aukealla on sikäli epäedullinen, että rungon vesimäärä on suhteellisesti pienempi ja oksien ja neulasten suurempi kuin metsi-

kössä kasvaneella puulla. Jos nyt mainittu tasapaino häiriintyy, joutuvat siitä ensi kädessä kärsimään maasta kauimpana olevat osat, siis latvasilmut, ja näin saa alkunsa kuivalatvaisuus. Jotta saataisiin selville, miten kosteuden kulutuksen ja hankinnan välisen suhteen muuttuminen vaikuttaa männyn kehitykseen, tehtiin kokeita katkomalla eräiden mäntyjen juuria. Kolmen vuoden kuluttua tutkittiin kokeen vaikutusta. Tällöin todettiin, että n. 30 % juurten yhteisestä pituudesta oli katkomisen kautta keskimäärin vähentynyt. Edelleen nähtiin, että useat katkaistut juuret muodostivat katkaisukohdassa kimpun uusia juuria, mikä seikka myös selvästi on nähtävissä tutkittujen puiden juurikarttoja tarkastelemalla. Puun maanpäälliseen osaan vaikutti juurten katkominen siten, että latvakasvaimen ja yleensä kasvainten kasvu aleni varsinkin toisena vuonna vahingoittumisen jälkeen. Jollei juuristo ollut ehtinyt korjaantua, jatkui kasvun alenemista kolmantena vuonnakin, ja seurauksena saattoi olla kuivalatvaisuus.

Edelleen on venäläisistä tutkimuksista mainittava HITROVON suorittama (1908). Hän on tehnyt astiakokeita kasvattamalla tammen taimia maassa, jonka eri laatuiset kerrokset aseteltiin vaihtelevaan järjestykseen. Maa oli kotoisin Tulan metsistä. Luonnon tilassa erotettiin siinä pinnasta lukien ensin humuskerros, sen alla vahva vaalean harmaa podsol-kerros, sitten tumma, pähkinämäisistä osasista muodostunut kerros, joka oli podsol-maan sekaista, ja lopuksi keltaisen ruskea, lössiä muistuttava kerros. Kokeissa käytettiin kolmea ensiksi mainittua maakerrosta, joiden lisäksi alimpana aina oli kerros puhdasta kvartsihiekkaa. Erot taimien viihtymisessä ilmenivät jo yhden kasvukauden kuluttua, mutta kävivät yhä selvemmiksi toisen kesän lopulla. Parhaiten kasvoivat taimet niissä astioissa, joissa ylimpänä kerroksena oli humus. Melkein yhtä hyvä oli tulos, jos »pähkinäkerros» oli päällimmäisenä. Sitä vastoin kasvoivat taimet hyvin huonosti silloin kuin niiden juuret ensimmäiseksi joutuivat podsol-maahan. Juuriston muoto oli maakerrosten mukaan erilainen. Luonteenomainen oli podsol-maan litistynyt ja tiivis juuristo. Kvartsihiekalle olivat ominaisia paksut, mehukkaat juuret. — Myös pantiin merkille juuriston ja taimen maanpäällisen osan välinen kiinteä suhde.

GOLOVJANKO (1909) on Voroneshin kuvernementissa tutkinut nuorten, etupäässä muutaman vuoden ikäisten mäntykulttuurien juuristoja. Tarkalleen selvitettiin 14 taimen juuristot, jolloin mitattiin juurten pituus sekä alku- ja loppukohtain syvyys. Myös kyseessä olevien taimien maanpäälliset osat mitattiin tarkalleen. Kasvupaikka oli voimakkaasti

lämpiävä hiekkakumpu, jota ympäröivät kosteammat notkot. Osa alueesta oli kuori- ja sahanjauhokerroksen peittämää ja täten kuivuudelta suojattua. Aluksi pantiin merkille, että istutetuista taimista oli kuorikerroksen peittämällä alalla säilynyt hengissä monta vertaa suurempi %-määrä kuin muualla ympäristössä, lisäksi olivat ne yleensä paljon parempikasvuisia. Punnitsemisten perusteella todettiin edelleen, ettei näiden hyväkasvuisten taimien juurten paino ollut maanpäällisiin osiin verrattuna puoltakaan muiden vastaavasta painosta. Kuorikerroksen peittämällä maalla tai tuoreessa notkossa oli paalujuuri heikosti kehittynyt verrattuna horisontaaliseen juuristoon; kuivalla suojattomalla maalla oli asianlaita päinvastoin. Viimeksi mainitulla kasvupaikalla oli vain niiden taimien kasvu tyydyttävä, joiden juuret osittain olivat joutuneet kulkemaan vanhoja lahoavia juuria myöten. Suojattomalla maalla kulkevat juuret syvemmällä kuin kuoren peittämällä; jos ne jossakin ovat lähellä pintaa, on tästä ollut seurauksena puun kuolema. Juuria vahingoittavien toukkien aiheuttama tuho on kuorikerroksen suojaamalla alueella paljon pienempi kuin kuivuudelle alttiilla paikoilla sen takia, että juuristo on lukuunsa nähden huomattavasti runsaampi, eikä vioittuneiden juurten prosenttimäärä siis yhtä helposti nouse tuhoa tuottavaksi. On nim. osoitettu, että tuholaistoukat voivat tappaa varttuneitakin puita, jos niiden juuristo vain on heikosti kehittynyt.

Samana vuonna kuin edellinenkin, nim. 1909 ilmestyi Jahontovin tutkimus mäntynuorennoksen kehittymisestä emämetsän alla. Huomautettuaan että syynä taimiston huonoon viihtymiseen yllä mainituissa olosuhteissa yleensä on pidetty valon puutetta, mutta myös juuristojen välistä kilpailua kosteudesta ja mineraalisista ravintoaineista, mainitsee tekijä, ettei asiaa varsinaisesti ole tutkittu ja etteivät esitetyt mielipiteet oikeuta tekemään ehdottomia johtopäätöksiä.

Tutkimus on suoritettu Ljublinin kuvernementissa. Ensimmäiseksi otetaan tarkasteltavaksi kosteuden osa kyseessä olevassa ilmiössä. Mittaukset osoittivat, että maa vanhan metsän latvusten alla on kosteampaa kuin nuorennoksessa, joka kasvaa latvusaukoissa. Veden puute ei näin ollen voinut aiheuttaa taimiston kuihtumista emäpuiden alla. Kosteusmääräykset ulotettiin 1 $^{1}/_{2}$ m:n syvyyteen. Metsikkö oli puhdas männikkö ja maa ainakin 2 m:n syvyyteen hiekkaa. Tulos oli sama niissäkin tapauksissa, missä päämetsän muodosti tammi ja maa oli savensekaista hiekkaa. On tutkittu joukko nuorennokseen kuuluvien puiden juuristoja. Tällöin pantiin ensinnäkin merkille, että ne yleensä levittäytyivät samoihin maakerroksiin emäpuiden alla kuin latvusaukeamissakin. Eroa huomattiin

siinä, että aukoissa kasvaneilla oli vahvempi paalujuuri sekä juurten luku suurempi. Sen sijaan saattoi varjossa kituvilla yksilöillä olla pitempi paalujuuri. Juuristojen terveyden tilassa ei huomattu eroavaisuutta. Jonkin verran riippuvaisuutta on havaittu juuriston rakenteen ja nuorennoksen tiheyden välillä sikäli, että harvassa kasvaneet yksilöt kehittävät enimmäkseen horisontaalisia juuria, kun taas tiheikössä osa juurista suuntautuu alaspäin. Tutkittujen puiden juuristot on erotettu kahteen tyyppiin. Toinen lähettää sivujuuria paalujuuresta eri syvyyksillä, joten vain suhteellisesti pieni osa juuria keskittyy lähelle maanpintaa. Toisen tyypin vaakasuora juuristo on sijoittunut osaksi lähelle juurenniskaa, osaksi paalujuuren alimman neljänneksen vaiheille. Näistä on alempi osa yleensä paljon vaatimattomammin kehittynyt. Vaikka yllä kuvattuja tyyppejä pidetään mukautumisilmiöinä, ei ole selvitetty, mitä oloja ne vastaavat. — Ryhdyttäessä selvittämään juuristokilpailun vaikutusta nuorennoksen kuihtumiseen lähdetään siitä, että täten aiheutuneen ravintoaineiden puutteen pitäisi olla suurin emäpuun juurella ja vähentyä siitä pois päin mentäessä. Mitään yhteyttä ei kuitenkaan ole voitu havaita verrattaessa välimatkaa emäpuusta ja nuorennokseen kuuluvan yksilön keskimääräistä kuutiokasvua. Jos nuorennoksen kuihtumiseen olisi syynä vanhan metsän juuriston aiheuttama kilpailu ravintoaineista, täytyisi yllä mainitun yhteyden olla todettavissa. Lopuksi tarkastetaan, olisiko valon puute syynä nuorennoksen huonoon viihtymiseen vanhan metsän alla. Valon mittana pidetään sitä tuntimäärää, jonka aikana latvus on valaistuna. Selvä yhteys havaitaankin mainitun tuntimäärän ja kyseessä olevan, nuorennokseen kuuluvan puuyksilön juoksevan kuutiokasvun välillä. Mitä enemmän valoa siis, sitä parempi kasvu. Jokaisen puun latvuksen alle muodostuu kartiomainen tila, joka aina on varjossa, ja jouduttuaan latvoineen tuollaiseen emäpuun varjostamaan kartioon alkavat nuorennoksen latvat kuihtua.

Venäjänkielisistä tutkimuksista mainittakoon vielä latvialaisen MELDERin (1911), joka käsittelee nuorennoksen jakaantumista mäntysiemenpuiden ympärille kuivilla kankailla. Aineisto on silloisesta Kuurinmaan kuvernementista. Tarkoin tutkittiin olosuhteita seitsemän siemenpuun ympärillä. Huomio kiintyi asiaan sen johdosta, että joidenkin siemenpuiden tienoilla taimisto ulottui aivan puuhun saakka, mutta vain yhdeltä puolen. Tutkimus osoitti sitten, että tällä seikalla oli yhteyttä juuriston kehityksen kanssa. Huomattiin ensinnäkin tarkastettaessa siemenpuiden juuristoja, että horisontaalisia juuria lähti symmetrisesti joka puolelle kulkien lähellä pintaa ja ulottuen usean metrin, jopa 11 metrin päähän

tyvestä. (Tutkittujen puiden rinnankorkeusläpimitta vaihteli 26—40 cm:iin.) Mutta jos taimistoa jollakin puolella puuta kasvoi aina runkoon saakka, voitiin todeta, että vaakasuora juuristo tällä puolen oli vialla joko kokonaan tai osittain. Myös saattoi juuristo luonnostaan jollakin puolen puuta olla huonosti kehittynyt, josta oli sama seuraus taimistoon katsoen kuin juurten ollessa viallisia ja lahoja. Nuorennoksen sijoitus siemenpuihin nähden käy selvästi ilmi kirjoitukseen liittyvistä puukartoista. — Havaintoja on tehty lisäksi latvuksen ja juuriston välisistä suhteista. Tämän nojalla päätellään, että siemenpuun täysin kehittynyttä latvusta vastaa myös terve ja symmetrinen horisontaalinen juuristo, kun taas toispuolinen juuristo muovaa latvuksenkin toispuoliseksi ja päinvastoin. Syynä mainittuun epäsymmetrisyyteen pidetään useimmassa tapauksessa myrskyä. On nim. pantu merkille, että puutteellinen latvus tai juuristo useimmiten on luoteen puolella, joka on kyseellisissä oloissa vallitseva tuulen suunta. — Vertikaalisista juurista mainitaan, että ne kaikilla tutkituilla puilla olivat terveitä, silloinkin kuin osa horisontaalista juuristoa oli lahonnut. Eräässä tapauksessa kerrotaan, että pystysuoria juuria lähti 7—8 kappaletta puun tyven alta ja ulottui 6—7 jalan syvyyteen. Vertikaalisten juurten päätehtävänä pidetään veden hankkimista puulle, jotenka niiden vahingoittuminen aiheuttaa veden puutteen, mikä ensinnä tuntuu puun ylimmissä osissa ja voi olla syynä kuivalatvaisuuteen. — Sen nojalla, mitä tutkimus on saanut esille juuriston toiminnasta, selvitellään lisäksi eräitä Liivin- ja Kuurinmaan metsissä tavattavia ilmiöitä. On m.m. huomattu, että kulon jälkeen ilmestyy vanhan männikön alle runsaasti nuorennosta, jota muuten saadaan turhaan odottaa, vaikka emämetsä olisikin harvaa ja repaleista. Tämä kulon edullinen vaikutus selitetään nyt osaksi syntyneen tuhkan sekä sammal- ja jäkäläkerroksen palamisen ansioksi, mutta huomattavana tekijänä pidetään myös sitä seikkaa, että emäpuiden pintajuuristo vioittuu palossa, joten kilpailu niiden taholta huomattavasti vähenee. — Kun erään vanhan metsän alle, jossa kulo ei ollut valmistanut maaperää nuorennokselle, kuitenkin taimistoa ilmaantui, selitetään tapaus viittaamalla emämetsän hyvin suureen ikään — 160—200, jopa 300 vuotta — ja erittäin heikkoon kasvukuntoon, joten juuristokilpailusta niiden puolelta tuskin voidaan puhua.

Tässä selostetut venäläiset tutkimukset ovat tulleet hyvin vähän tunnetuiksi oman maansa rajojen ulkopuolella. Kuitenkin ansaitsevat ne täyden huomion, varsinkin puheen ollessa puiden juuristojen morfologiasta.

Myös Keski-Euroopassa alettiin 1900-luvulla omistaa juuritutkimukselle melkoista huomiota. Edellä on jo mainittukin pari tähän kuuluvaa julkaisua, nim. BÜSGENin ja FREIDENFELTin. Seuraava tutkimus, joka ansaitsee esittämisen, on MÖLLERin ja ilmestyi vuonna 1902 sekä sen jatko seuraavana vuonna. Käsiteltäväksi otetaan yksi- ja kaksivuotisten männyn tainten juurimuodostus hiekkamailla. Erikoisesti halutaan selvittää eräiden metsämaan muokkausmenetelmien vaikutusta männyn juuristoon, minkä ohella sienijuuren, mykorritsan esiintymiseen ja merkitykseen kiinnitetään paljon huomiota. – Tekijä oli pannut merkille, että erästä istutusmenetelmää käytettäessä maakerrokset istutuskuopassa tulivat olemaan ylösalaisin. Kun tämä hänen mielestään oli nurinkurista, ryhtyi hän tekemään kokeita kasvattamalla männyn taimia astioissa, jotka oli täytetty eri maakerroksilla. Niinpä yksi astia sisälsi ylimpänä olevaa raakaa humusta, toinen sen alla olevaa lahonnutta humusta, kolmas valkohiekkaa ja neljäs seuraavaa maakerrosta, jona oli keltainen hiekka. Nyt voitiin todeta, että taimet parhaiten kasvoivat raa'assa humuksessa, sitten tuli järjestyksessä lahonnut humus, valkohiekka ja lopuksi keltainen hiekka. Huomataan siis, että käännettäessä maakerrokset ylösalaisin taimien juuret joutuvat ensimmäiseksi köyhimpään maahan, mikä tietenkin on niiden kehitykselle hyvin haitallista. Tätä tulosta varmentaa vielä joukko luonnossa suoritettuja viljelyskokeita. Mainittakoon vielä eräs astiakoesarja, joka läheisesti liittyy edelliseen. Samaan astiaan pantiin tällöin maata kahdesta eri kerroksesta: yhteen esim. rinnakkain raakaa humusta ja keltaista hiekkaa, toiseen valkohiekkaa ja keltaista hiekkaa j.n.e. Ylimmät 2 cm olivat kuitenkin asianomaisten kahden maakerroksen sekoitusta. Kun nyt siemenet kylvettiin maalaatujen rajalle, oli taimella tilaisuus ulottaa juuristonsa kumpaan laatuun tahansa. Kasvukauden kuluttua nähtiin, että taimet säännöllisesti »valitsivat» sen maalaadun, joka edellisen kokeen nojalla oli osoittautunut paremmaksi. Kun näytteet otettiin toisesta paikasta, missä huuhtoutuminen oli ollut voimakkaampaa, osoittautui valkohiekka taimien kehitykseen nähden köyhemmäksi kuin sen alla olevat kerrokset. Humuksen otollisuuden taimien kasvupaikkana on niin ikään kokeiden avulla todettu riippuvan sen huomattavasta typpipitoisuudesta. — Juuristoja verrattaessa havaittiin humuksessa kasvaneiden taimien pääjuuresta lähtevän runsaasti haaroja, jotka kuitenkin vähenevät alaspäin; hiekassa kehittyneet taimet sen sijaan lähettävät sivuhaaroja vain pääjuuren yläosasta, siis läheltä pintaa. — Juuriston elpymiskyvystä on tehty kokeita typistämällä yksivuotisten taimien pääjuurta eri määrin ja niin ikään istuttamalla saman

kokoisia taimia siten, että niiden juuret tahallisesti saatettiin hyvinkin epänormaalisiin asentoihin. Kaikki taimet jäivät henkiin, ja juuristo näytti korjaantuvan hyvin, jos vain sitä ei ennen istuttamista päästetty kuivumaan.

Mykorritsasta mainittakoon, että MÖLLER on sitä tavannut useimmilla taimilla jo ensimmäisen kasvukauden loppupuolella. Sitä oli runsaasti valko- ja keltaisessa hiekassa, mutta ei ensinkään humuksessa. Sienijuuri on helppo tuntea hankamaisesta tai korallimaisesta muodostaan. Toisinaan voi kuitenkin haaraantumatonkin pikkujuuri olla mykorritsa. Pääjuuren kärki ei koskaan ole sienettynyt, samoin on laita pääsivujuurten. Näiden kärjet ovat kasvukauden alussa valkeita ja aikaisempaan juureen verrattuna paksumpia, kartiomaisia. — On todettu, että mykorritsat eivät välitä männyn taimille typpeä. Tämä huomattiin vertaamalla toisiinsa typpilannoitusta saaneiden ja typen puutteessa kasvatettujen taimien juuristoja. Typellisillä taimilla oli nim. paljon enemmän mykorritsoja kuin typettömillä. Jos typen hankkiminen olisi mykorritsan tehtävä, olisi asia arvattavasti päinvastoin. — Paitsi ektotroofista on MÖLLER tavannut männyllä endotroofisenkin mykorritsan.

Seuraava mainittava tutkimus on ENGLERin vuonna 1903 julkaisema ja käsittelee eri puulajien juurten kasvua. Tutkimus suoritettiin Sveitsissä lähellä Zürichiä. Havaintomateriaalina oli 1—8-vuotisia taimia kaikkiaan 16:a eri puulajia. Ne kasvatettiin taimitarhassa, osittain lasireunaisissa laatikoissa, jotta juurten kasvua voitiin seurata. Kaikkiaan on neljän vuoden aikana käsitelty keskimäärin 350 tainta kutakin puulajia. – Havupuiden juurten kasvua tarkasteltaessa saatettiin todeta kaksi lepokautta, joista toinen, talvinen oli täydellinen ja kesti marraskuusta maaliskuuhun tai huhtikuuhun. Toinen lepoaika sattuu varsinaisen kasvukauden kuluessa loppukesällä elo—syyskuussa. Tämä lepokausi ei kuitenkaan ole niin selvä, ja sen aika on huomattavasti riippuvainen kesän sääsuhteista. Kesäinen lepokausi on yhteinen lehtipuillekin, mutta selvää talvilepokautta ei näiden juuristoilla Keski-Euroopassa ole. Syynä kasvun taukoamiseen talvella on maan alhainen lämpötila ja kesällä kosteuden puute. Juurten voimakkain kasvu tapahtuu alkukesällä, toinen, syksyinen kasvukausi ei ole yhtä tehokas; lehtipuilla on se huomattavampi kuin havupuilla. — Tutkittaessa juurten kasvua on myös pantu huomiota taimien juuriston muotoon. Kunkin puulajin juuristosta esitetään tämän perusteella lyhyt kuvaus. Käsitellyt männyn taimet olivat iältään 1—4-vuoti-

aita. Mainitaan, että mänty jo ensimmäisenä vuotena kehittää huomattavan paalujuuren, josta erittäinkin läheltä juurenniskaa lähtee voimakkaita sivuhaaroja. Hienoja imujuuria on runsaasti, ja niissä tavataan usein hankahaaraisia mykorritsoja. Talvella muuttuvat sekä pituutta kasvavat että imujuuret väriltään ruskeiksi, ainoastaan kärjet jäävät vaaleammiksi. Havupuiden pitenevät juuret kasvavat voimakkaasti touko- ja kesäkuussa, mutta imujuuria kehittyy vasta kun uudet kasvaimet alkavat muuttua ruskeiksi, tavallisesti kesäkuussa. Syksyn kasvukautena kehittyy jälleen voimakkaita pitenevіä juuria, mutta vähän imujuuria.

Schott on mäntyä koskevassa kirjoitelmassaan vuodelta 1904 tehnyt sen havainnon, että samanlaisella maalla kasvatetut eri proveniens-siä olevat taimet erosivat toisistaan myös juuristonsa puolesta. Esimerkiksi unkarilaisesta ja belgialaisesta siemenestä kehittyneillä taimilla oli pitkät, ohuet juurten päät, kun taas etelä-saksalaisilla taimilla oli huomattavan paksut, aina 3 mm vahvat, valkeat kärjet.

Kiintoisan kokeen on Fricke (1905) tehnyt vanhassa, mustikkaa kasvavan hiekkamaan männikössä, missä raakaa humusta oli 10 cm vahva kerros. Hän katkaisi eräiden puiden horisontaaliset juuret 2 m:n etäisyydeltä rungosta lukien 20 cm:n syvyyteen. Kun vaakasuora juuristo kulki lähellä maanpintaa ja suuri osa siis tuli katkotuksi, voitiin 6 vuoden kuluttua todeta melkoinen kasvun aleneminen, vaikka vertikaalinen juuristo oli hyvin kehittynyt. — Matthes on tämän kokeen johdosta huomauttanut, että juuristossa on olemassa työnjako, ja että pintajuuristo pitää huolen typen hankkimisesta, johon tarkoitukseen raaka humus on suuren arvoinen.

Büsgen on jatkanut juuritutkimuksiaan selvittelemällä eräiden lämpimien maiden kaksisirkkaisten puukasvien juuristoja (1905). Kuitenkin on tarkastelun esineeksi otettu vain yhden kasvukauden ikäisiä taimia ja päähuomio on kiinnitetty juurten anatomiaan. Tutkitut juuristot jaetaan ekstensiivisiin ja intensiivisiin samojen perusteiden mukaan kuin aikaisemmin selostetussa kirjoitelmassa. Jakoperusteina mainitaan: 1) yksityisten pikkuhaarojen paksuus, 2) äärimmäisten juurihaarojen pituuden ja paksuuden suhde emäjuuren vastaaviin suureisiin, 3) haaromisen runsaus ja luonne juuriston uloimmissa osissa. — Yleensä on huomattu yhteyttä juuriston luonteen ja kyseessä olevan kasvin luontaisen kasvupaikan välillä. Niinpä siis esim. ekstensiivinen juurisysteemi yleensä viittaa kasvin hygrofiilisyyteen. Kuitenkin huomautetaan, että ekstensiivisellläkin juuristolla varustettu kasvi voi esiintyä kuivilla kasvupai-

koilla, jos se esim. lehtien kserofiilisen rakenteen vuoksi on suojattu liialliselta haihdunnalta. Tästä esimerkkinä mainitaan mänty, jonka juuristoa sanotaan verraten ekstensiiviseksi.

Vuonna 1907 julkaistussa tutkielmassaan on Albert ottanut selvittääkseen syitä entisillä peltomailla olevien mäntykulttuurien huonoon menestymiseen. Tällaiset peltokulttuurit, joita on Saksassa paljon, kasvavat aluksi hyvin, mutta saavutettuaan 10—20 vuoden iän, alkaa puita sieltä täältä kuolla. Täten syntyneet aukot laajenevat sitten niin, että metsä 50 vuoden iällä voi olla piloille harventunut. Koska vika näytti olevan maaperässä, todettiin ensin, ettei ravintoaineiden puutetta ollut havaittavissa. Kun nyt syyksi epäiltiin maan tiiviyttä, oli odotettavissa eroavaisuuksia peltomäntyjen ja metsämäntyjen juuristojen välillä. Tällöin todettiinkin, että 90 %:lla edellisistä oli sienitauteja, varsinkin matalalla kulkevissa juurissa. Paalujuuri oli yleensä kehittynyt ulottuen yli 1 m:n syvyyteen, mutta se oli usein sileä ja vailla haarautumia. Sivujuurten leviäminen taas muistuttaa kuusta, ne kun lähtevät melkein yksinomaan juurenniskasta ja kulkevat vain ylimmissä maakerroksissa. Tätä peltomännyille ominaista horisontaalisen juuriston sijoittumista pitää tekijä syynä juurten sairastumiseen, ne kun näin joutuvat vuoroon kuivuuden ja märkyyden alaisiksi. Tätä käsitystä on omiaan vahvistamaan terveiden ja sairaiden puiden juuristojen välinen vertailu. Edellisillä on vaakasuoria juuria myös verraten syvällä, ja paalujuuren lisäksi on lähellä puun tyveä useita vankkoja vertikaalisia juuria. Sairaiden juuristotyyppi on jo edellä tullut kuvatuksi. — Sairaus näyttää leviävän puusta toiseen juurten kosketuskohtain välityksellä. Sen leviämistä on voitu vastustaa kaivamalla oja 5 m:n säteellä saastutetun puun ympäri.

Vertauskohtana esitetylle ilmiölle kerrotaan oloista Lüneburgin nummella. Siellä on metsitettäessä vuosisatoja aukeina olleita kanervakankaita huomattu samanlaista puiden kuolemista. Kanervakankaalla ja entisellä peltomaalla mainitaan olevankin eräitä yhteisiä ominaisuuksia. Niinpä kanerva muodostaa vallittuaan kankaalla muutamia vuosikymmeniä hyvin tiukkaa turvetta, mikä vastaa entisen pellon ruokamultakerrosta.

Kaiken tämän johdosta kehoitetaan aluksi luopumaan mäntykulttuureista kyseellisillä mailla ja viljelemään ensin jotain lehtipuuta, sillä »die Kiefer ist nun einmal keine bodenerobernde Holzart, sondern sie verlangt zu ihrem normalen Gedeihen einen durch Waldkultur vorbereiteten Boden».

Aivan samaan tulokseen on johtunut Zimmermann (1908) selvitteles-

sään edellä mainittua havupuiden kuivumista Lüneburgin nummella. Paitsi lehtipuita, koivua lukuun ottamatta, suosittelee hän varsinkin Douglaskuusta, koska sen juuristo on syvä ja omiaan maata möyhentämään. Syväjuurisuutta pitääkin Zimmermann tärkeänä, sillä hän on huomannut, etteivät männyn juuristot ole sairastuneet siellä, missä ne ulottuvat pohjaveteen.

Splettstösser (1908) on tutkinut erilaisten istutustapojen vaikutusta männyn kasvukuntoon ja esittää tuloksena, että varsinkin puristusistutus saattaa taimien juuristot luonnottomaan asentoon ja vioittaa niitä. Seurauksena on heikkous kestämään tuulta, jota paitsi rungon muotokin kärsii juuriston litistymisen vuoksi. Mainitut varjopuolet esiintyvät tavallista suurempina entisillä peltomailla, huomauttaa tekijä, koska ruokamullan alla on kova kerros, jossa ei ole vanhojen juurten muodostamia kanavia.

Tutkittuaan m.m. tammilajien juuria on von Alten (1909) pannut merkille rakenteen eroavaisuuksia, joiden perusteella hän erottaa kartuttamisjuuret (Bereicherungswurzeln) ja ravitsemisjuuret (Ernährungswurzeln). M.m. on edellisillä suurempi määrä johtojänteitä kuin jälkimmäisillä. Muutoinkin poikkeavat nämä juurimuodot toisistaan. Niinpä kartuttamisjuuret ovat vahvoja ja kasvaen nopeasti pituutta valtaavat yhä uusia alueita kasvin vaikutuspiiriin. Ravitsemisjuuret taas ovat etupäässä ohuita, usein hiuksen hienoja, ja niille ovat tyypillisiä lukuisat juurihapset. Nämä juuret kartuttavat vain vähässä määrin juuristoa, niiden päätehtävänä on ravinnon otto. Sen vuoksi tulevat ne tarpeettomiksi käytettyään ravinnon ympäristöstään, ja puu korvaa ne uusilla. Nämä havainnot käyvät yksiin Andersin (1907) oppikirjassaan antaman määritelmän kanssa. Hän käyttää vain nimityksiä Triebwurzel ja Saugwurzel vastaamaan edellä käytettyjä Bereicherungswurzel ja Ernährungswurzel.

Albert on suorittaessaan maaperätutkimuksia Lüneburgin nummella jälleen kiinnittänyt huomiota männyn juuristoon. Vuonna 1913 ilmestyneessä kirjoitelmassa todetaan ensiksi kokeiden perusteella, että autiolla kankaalla on pintamaa kosteampaa kuin metsitetyllä. Tämä tavalliseen metsämaahan verrattuna päinvastainen asianlaita selitetään toimitettujen juuritutkimusten valossa siten, että männyn juuriston kyseellisessä tapauksessa muodostaa vain haaromaton paalujuuri, kun taas juuriston pääosa kulkee ylimmissä maakerroksissa horisontaalisesti lähettämättä alaspäisiä haaroja (Senkerwurzeln), joita vanhan metsämaan männyillä aina on lukuisasti. Mainittuja vertikaalisia juuria arvellaan kehittyvän vasta siellä, missä on valmiita, useimmiten lehtipuiden jättämiä, syvälle

maahan ulottuvia juurikanavia. Monet vertikaaliset juuret aiheuttavat sen, ettei puu yksipuolisesti ota kosteutta vain pintakerroksista. Nähtävästi ne myös täyttävät pintajuurten tehtävät, milloin nämä kuivuuden vaikutuksesta vähentävät toimintaansa tai kokonaan lopettavat sen. — Todetaan, että mäntykulttuurien osittaiseen kuolemiseen on syynä kuivuus. Jäljelle jäävät sellaiset puut, jotka ovat kyenneet täydentämään juuristoaan kehittämällä joukon syvälle meneviä juuria (Senkerwurzeln). Täten selitetään myös aukealle kankaalle luontaisesti syntyneen metsikön harva-asentoisuus.

Juurten vaikutuksesta maaperän rakenteeseen julkaisi BERKMANN vuonna 1913 tutkimuksen, joka ansaitsee mainitsemisen, vaikka ei käsittelekään lainkaan puiden juuria. Hän on ensinnäkin todennut, että varsinkin saviperäiset maat kuivuuden, kosteuden ja pakkasen vaikutuksesta itsekseen kuohkeutuvat. Tätä tapahtumaa edistää juurten toiminta tiiviillä mailla. Sen sijaan on tekijä vain harvoin huomannut kasvavien juurten käyttävän hyväkseen entisten juurten maaperään jättämiä kanavia. On myös todettu, että tiheänkin kasvavan juuriverkoston tilavuus muodostaa vain pienen prosenttisen osuuden maaperän huokosten tilavuudesta, joten siis maan huokoisuus juurten vaikutuksesta alenee sangen vähän. — Juuriston rakenteessa on pantu merkille eroavaisuuksia sen mukaan, onko maaperä tiivistä vai kuohkeata. Tutkitut kasvit olivat *Vicia faba* ja *Trifolium pratense*. Kuohkealla maalla kehittyi pitempiä juuria, ja pääjuuri oli vain hieman sivujuuria vahvempi. Sen sijaan muodostui pääjuuri tiiviillä maalla paksuksi, ja sivujuuret ryhmittyivät tiheäksi rykelmäksi, enimmäkseen lähelle maanpintaa.

Tutkiessaan metsämaan fysikaalisia ominaisuuksia on BURGER (1922) tullut siihen tulokseen, että puiden juurilla on tärkeä osa metsälle otollisen maaperän rakenteen luomisessa. Milloin tämä rakenne rikkoutuu, on siitä puukasvuston viihtymiselle haittaa. Metsämaan rakenne häiriintyy ihmisen välityksellä esim. kantojen raivaamisen, paljaaksi hakkauksen tai väliaikaisen maataloudellisen käytön vaikutuksesta. Maaperän ilma- ja vesikanavat tuhoutuvat, ja vähitellen syntyy yhtäjaksoinen rakenne monine pienine huokosineen harvojen suurten asemasta, jollaiset ovat metsämaalle ominaisia. Maaperän taidokkaan arkkitehtuurin hävittää syvimmälle kantojen raivaaminen, nim. aina 40—60 cm:n syvyyteen. Metsämaan ominaisuuksien palautuminen käy hitaasti. Entinen pelto tarvitsee kahden metsäsukupolven vaikutuksen saadakseen takaisin metsämaalle ominaisen rakenteen. Sen seikan, että parhaiten menestyvät puut entisillä peltomailla kasvavat ojien reunoilla, arvellaan johtuvan

näiden kasvupaikkojen paremmasta ilmanvaihdosta itse sarkoihin verrattuna. — Tutkimuksen yhteydessä on tehty lukuisia havaintoja juuriston ulottuvaisuuksista vertikaaliseen suuntaan erilaatuisilla ja erilaista metsää kasvavilla mailla. Runsaasti on tavattu juuria 40—60 cm:n syvyyteen, lehtimetsissä yleensä syvemmälle kuin havumetsissä. Jonkin verran juuria ulottuu havaintopaikoilla yli metrinkin syvyyteen.

GEIST on pannut merkille, että kulttuurimäntyjen kylvö- tai istutustavasta johtuva liian syvä asento suuresti haittaa niiden kehitystä. Haitat tästä ovat hänen kokemuksensa mukaan sitä suurempia, mitä kuivempaa ja tiiviimpää maa on. Vuonna 1913 ilmestyneessä kirjoituksessa ei esitetä varsinaisia faktoja väitteiden tueksi. Mutta vuonna 1921 palaa sama tekijä asiaan suoritettuaan sitä valaisevia työläitä mittauksia. Tutkittavaksi oli otettu vakokylvöstä syntynyt 54—57-vuotinen männikkö, joka kasvoi syväpohjaisella diluviaalihiekkamaalla. Pohjavesi oli 5 m:n syvyydellä. Kaikkien mäntyjen sivujuuret paljastettiin nyt 0.2 ha:n alalta ja niiden syvyys merkittiin muistiin. Numerot osoittivat selvästi, että ne puut olivat kasvaneet parhaiten ja saavuttaneet suurimmat läpimitat, joilla horisontaaliset juuret olivat lähinnä maanpintaa. Matalalla olevan juuriston edullisuus johtuu kirjoittajan mukaan raa'an humuksen suuresta ravintoarvosta.

Maailmansodan jälkeen on varsinkin Keski-Euroopan maissa entistä enemmän pyritty puiden mahdollisimman tarkkaan hyväksi käyttämiseen, jolloin usein tulee kysymykseen kantojen raivaaminenkin. Asian teoreettiseen puoleenkin on kiinnitetty huomiota. TSCHERMAK on kirjasessaan »Waldrodung» (1922) aivan lyhyesti maininnut, että puiden juurilla ja kannoilla voi olla maaperän ilmanvaihtoa ja humuspitoisuutta lisäävä vaikutus. Jos tämä edullinen asiain tila tahdotaan säilyttää, suosittelee tekijä raivausta siinä muodossa, että juuret katkaistaan aivan puun tyveltä ja ainoastaan kanto poistetaan. ALBERT (1923, a) painostaa puiden juuriston merkitystä uuden sukupolven menestymiselle vetoamalla metsäkulttuurien huonoon viihtymiseen entisillä peltomailla tai vanhastaan aukeilla kankailla. Tämän nojalla pitää hän kantojen raivaamista vahingollisena, jos kyseessä olevalla alueella aiotaan edelleenkin metsää kasvattaa. — Edellisen johdosta väittävät HILF ja LIESE (1923), ettei kantojen raivaaminen ainakaan hiekkamailla huolellisesti toimitettuna ole haitaksi vastaiselle metsälle. Poistetun juurakon jättämä kuoppa on vain tarkalleen täytettävä ja humus sekoitettava päällimmäiseksi jäävään kerrokseen. Tällä tavoin täytettyjen kuoppien paikalle on saatu syntymään erittäin hyvä nuorennos. Kulttuuri on vain toimitettava heti

raivaamisen jälkeen, ettei hiekka pääse sateiden vaikutuksesta tiivistymään. — ALBERT (1923, b) myöntää vastatessaan edelliseen, ettei kantojen poistaminen aiheuta hiekkamaalla niin suurta haittaa kuin savi- tai savea lähentelevillä mailla.

Vuonna 1926 ilmestyi Saksassa ensimmäinen puun juuristoa varsinaisena aiheenaan käsittelevä tutkimus, nim. LIESEN männyn juuristoa koskeva. Varsin huomattava osa tutkimuksesta on omistettu juurten anatomis-fysiologiselle tarkastelulle. Niin ikään on melkoista huomiota kiinnitetty aivan pienten taimien yksityiskohtaiseen kehitykseen. Etenkin on runsaasti havaintoja tehty ensimmäisen kasvukauden aikana tapahtuvasta juuriston eri osien muodostumisesta ja varttumisesta. Aineisto on enimmäkseen kerätty Eberswalden lähistöltä. Se on verraten vähäinen varttuneisiin puihin nähden, mikä onkin varsin ymmärrettävää, kun tekijä ilmoittaa itse toimittaneensa melkein kaikki kaivaukset. Kuitenkin on osittain käsitelty 40 puuta, jotka iältään vaihtelivat 11—120 vuoteen. Selville ei käy, onko kaivettu muuta kuin yksi horisontaalinen juuri kustakin.

Tekijä erottaa toisistaan kulkujuuret (Lang- oder Triebwurzeln) ja kääpiöjuuret (Kurzwurzeln) huomauttaen kuitenkin, että ero ei ole ehdottoman jyrkkä; mykorritsasta vapaa kääpiöjuuri voi nimittäin ruveta kasvamaan ja kehittyä kulkujuureksi. — Männyn juuriston kehitys jo ensimmäisenä kasvukautena oli kokeiden mukaan riippuvainen maaperäoloista. Siten kuohkealla maalla kehittyi pitempi pääjuuri ja runsaammin sivujuuria kuin tiiviillä. Pisin pääjuuri, mikä tavattiin tutkituilla 1-vuotisilla taimilla, oli 40 cm. Kovalla, valmistamattomalla maalla oli vastaava pituus vain 10—15 cm. Kaksivuotiset männyn taimet ulottivat kuohkealla maalla pääjuurensa 40—90 cm:n syvyyteen, kun taas kovalla, vain pinnallisesti muokatulla maalla vastaava luku oli 25 cm. Nelivuotisten taimien pääjuuren on havaittu raivatun kannon paikalla kuohkeassa maassa saavuttavan 1.15 m:n pituuden. Vanhemmista männyistä ei havaintoja ole tehty. Kuitenkin mainitaan, että 2—3 m:n syvyyden saavuttaminen on tiettävästi yleistä, minkä lisäksi kerrotaan Eberswalden korkeakoululla säilytettävän juuren palasta, joka on otettu talteen 6 m:n syvyydeltä.

Sivujuurista kehittyvät havaintojen mukaan vain muutamat ensi kasvukautena syntyneistä pääsivujuuriksi, jotka kasvavat nopeasti pituutta ja voivat jo 2-vuotisina saavuttaa lähes metrin pituuden, 4-vuotisina 3 m:n ja 18—19 vuoden iällä hiekkamailla 9—10 m:n. On kuitenkin pantu merkille, että pituuskasvu ei myöhemmällä iällä enää jatku

samassa suhteessa, ja 100—120-vuotisillakaan männyillä ei ole tavattu 14 m:ä pitempiä sivujuuria. Ne sivujuuret, jotka eivät ole saavuttaneet pääsivujuuren asemaa, etenkin syvemmällä olevat, jäävät kasvussaan paljon jälkeen näistä. — Pääsivujuurten kärjet ovat yleensä huomattavan vahvoja, on tavattu yli 5 mm:n paksuisia.

Paitsi paalujuureen, on kiinnitetty huomiota muihinkin vertikaalisiin juuriin. Niitä esiintyy pääsivujuurten alaspäisinä haaroina varsinkin lähellä paalujuurta, mutta myös etäämpänä, aina 6—8 m:n päässä puun tyveltä. Mainituille vertikaalisille juurille käyttää tekijä nimitystä »Abläufer». Nämä juuret, varsinkin lähellä tyveä olevat, muistuttavat suuresti paalujuurta ja ottavat osaa puun kiinnittämiseen, vaikkakin niiden päätehtävä nähtävästi on huolehtia puun veden tarpeen täyttämisestä. Niillä on huomattu samoin kuin paalujuurellakin päässään viuhkan tapainen litteä, lukuisien sivujuurten aiheuttama muodostuma.

Sivujuurten syvyyden on huomattu maaperän laadun mukaan melkoisesti vaihtelevan. Hiekkamailla oli niiden syvyys jokseenkin pysyvästi 7—10 cm, kun taas humuspitoisella maalla vastaava luku oli 20—25 cm. Sivujuurten kulku oli yleensä jotenkin horisontaalinen.

Juurten suuntautumiseen vaikuttavista monista eri tekijöistä mainitaan ensinnä geotropismi, jonka vaikutuksesta paalujuuri kasvaa suoraan alaspäin, joskin myös veden tarpeen tyydyttämisellä arvellaan olevan merkityksensä paalujuuren ja muiden vertikaalisten juurten kehittymiseen nähden. Maaperän fysikaalisten ominaisuuksien on huomattu voimakkaasti vaikuttavan juurten kasvusuuntaan, samoin eroavaisuuksien maaperän ravintoainepitoisuudessa. Lopuksi mainitaan sivujuurten taipumuksesta kasvaa säteen suuntaan rungosta poispäin.

Suuren merkityksen juuriston rakenteeseen nähden antaa tekijä juuren putkilojänteitten (Xylemstränge) luvulle ja niiden keskinäiselle asennolle. Pääjuurella on aluksi putkilojänteitä 3—4, mikä luku syvemmällä vähenee kahdeksi; sivujuurilla on vastaava luku alunperin kaksi. Merkitys perustuu siihen, että sivujuuret saavat alkuansa pääjuuresta näiden putkilo-osien kohdalta. Tällä tavoin selitetään m.m. paalujuurien sekä »Abläufer»-juurien päässä tavattavat litteät juuriviuhkat.

Paksuuskasvu on havaintojen mukaan huomattava vain niissä juuriston osissa, jotka joutuvat mekaanisen rasituksen alaisiksi tuulen taivuttaessa puuta. Sivujuurten paksuuskasvu on läheltä puun tyveä eksentrinen siten, että yläpinnalle kehittyy aina vahvempi lusto kuin alapinnalle. Huomioiden mukaan ei tämä eksentrisyys kuitenkaan männyllä ole niin suuri kuin kuusella.

Merkittävä on havainto, jonka mukaan puun yhä suureneva paino aiheuttaa tyven ja sen mukana juurten painumisen alkuperäistä asentoaan syvemmälle. Sivujuurten epäkeskinen kasvu tyven luona tasoittaa kuitenkin painumisen vaikutuksen niin, ettei juurten yläpinta sanottavasti laskeudu.

Huomioita on tehty vielä männyn juurten suhtautumisesta katkeamiseen. Jos katkaisukohta on sileä, kylestyy juuri pian ja muodostaa parhaassa tapauksessa 3—6 adventiivijuurta korvaamaan tappiota. Jos taas juuri katkeamiskohdaltaan jää rosoiseksi, ei useinkaan uusia juuria synny. — Tekijän suorittamiin anatomis-fysiologisiin tutkimuksiin ei tässä yhteydessä puututa.

Lyhyen maininnan ansaitsee Albertin ja Penschuckin (1926) tutkielma eri puulajien vaikutuksesta metsämaan kuohkeuteen. Sen määräämiseen tekijät suosittelevat Meyenburgin keksimää koetinta, joka mittaa ja rekisteröi maahan painettavan metallipuikon kohtaaman vastustuksen kg:ssa. Eberswalden lähettyvillä tehtiin useita satoja mittauksia samanlaisilla kasvupaikoilla kasvavissa akaasia-, lehtikuusi-, punatammi- ja mäntymetsiköissä. Erittäin selvästi huomattiin tällöin ero männyn ja muiden puulajien metsiköiden maaperän kiinteydessä. Ehdottomasti kiintein oli mäntymetsikön maaperä, sitten seurasivat järjestyksessä punatammi, lehtikuusi ja akaasia. Maa oli tiivistä hiekkaa (Talsand), ja männyn juuristo kehittyi laajaksi ja hyvin pinnalliseksi, joten sen vaikutus maaperän möyhentäjänä oli heikko. Lisäksi muodostui mäntymetsikkö sitä harvemmaksi, mitä laihempi oli maa. Seikka, jota pidetään maan kasvukunnolle erittäin haitallisena. Suositellaan edellisen nojalla varsinkin juuri laihoille maille männyn seuraksi jotakin maata parantavaa puulajia, joista etenkin akaasiaa pidetään sopivana.

Viimeisenä keski-eurooppalaisista tutkimuksista mainittakoon Wiedemannin (1926). Selvitellessään männyn nuorentumissuhteita Bärenthorenin ympäristöillä on sanottu tutkija myös kiinnittänyt huomiota juuriston muodostumiseen eri olosuhteissa. Multavalta tuoreelta hiekkamaalta mainitaan huolellisesti kaivetun 58:n 4—6 m:n korkuisen männyn juuristot, jonka lisäksi vielä on täydennysmateriaalia. Juuristoista esitetään joukko vertikaalisia piirroksia. — Verrattaessa ensinnäkin eri valaistussuhteissa kasvaneiden puiden juuristoja, huomataan melkoinen ero kokoon ja muotoon nähden. Varjopuiden juuristot olivat huomattavasti heikompia kuin paljaaksi hakatulla alalla kasvaneiden yksilöjen, huolimatta kaksi kertaa suuremmasta iästään. Muotoon nähden pantiin merkille, että varjossa kehittyneiden puiden juuriston pääosana oli hoikka, porkka-

nan tapainen paalujuuri, kun taas muut juuret olivat vielä 30 vuoden iällä hyvin heikosti kehittyneet. Puun saadessa riittävästi valoa oli vankkoja horisontaalisia juuria muodostunut runsaasti, ja niitä tavattiin kauttaaltaan koko ylimmässä multavassa maakerroksessa, siis aina 40—60 cm:n syvyyteen. Myös vertikaalinen juuristo oli hyvin kehittynyt. Paalujuuren ohella oli toisinaan sivujuurista lähteviä pystysuoria juuria tai sitten vinosti alas suuntautuvia.

Syynä siihen, että vaakasuora juuristo kyseessä olevalla maalla vallitsee verraten vahvaa kerrosta, pidetään ylimmän maakerroksen suotuisaa kokoonpanoa ja kangasturpeen (Trockentorf) sekä valkomaan puuttumista. Milloin juuri mainittu turvekerros tavataan, on havaintojen mukaan horisontaalinen juuristo hyvin pinnallinen ja kulkee itse turpeessa tai aivan sen alla.

Multavan maakerroksen alla oli kuiva ja ravintoaineista köyhä kerros. Saavuttuaan tähän haaraantuivat ja mutkittelivat useiden tutkittujen puiden vertikaaliset juuret tai ainakin ohenivat äkkiä. Tuo karkea ja karu maakerros näytti näin ollen muodostavan vakavan esteen juurten kasvulle. Ainoastaan harvojen puiden onnistui tunkea juurensa mainitun kerroksen läpi 1.2 m:n syvyyteen, jolloin vastassa oli hedelmällisempi hiesukerros. Seurauksena tästä saavutuksesta oli asianomaisen puun erinomaisesti edistynyt kasvu.

Parhaimmat ja voimakkaimmat juuristot tavattiin paljaaksi hakatulle alalle istutetuilla männyillä. Näyttää siis siltä, että istutuksessa aina sattuvat juurten vahingoittumiset korjaantuvat helposti hyvällä ja kuohkealla maalla.

Voimakkaat harvennushakkaukset saavat tekijän mukaan aikaan suuria muutoksia ylimmissä maakerroksissa. Ja juuristoissakin on huomattu tämän mukaisia muutoksia. Siten varjossa kasvaneiden puiden heikot horisontaaliset juuret alkavat harvennuksen jälkeen nopeasti kehittyä.

Anglikaanisista tutkijoista mainittakoon aluksi Woodhead (1906). Hän on selvitellessään metsäkasvien biologiaa m.m. pannut merkille erään kasviyhdyskunnan, jonka kolme valtalajia — puita lukuun ottamatta — *Pteris aquilina*, *Holcus mollis* ja *Scilla festalis* viihtyivät samalla paikalla keskenään kilpailematta sen johdosta, että niiden juuristot pääasiassa kasvoivat aivan eri maakerroksissa. Puukasvien juuristoista ei mitään havaintoja ole tehty.

Amerikassa on juuritutkimusta viety voimakkaasti eteenpäin alkaen

1900-luvun toisesta vuosikymmenestä. Varsinkin on juuristojen morfologiseen puoleen kiinnitetty paljon huomiota. Ensimmäisenä mainittakoon CANNON (1911), joka on tutkinut lukuisien kasvien juuristoja Arizonan puoliaavikoilla. Tutkittuja kasvilajeja oli kolmatta sataa, näistä kuitenkin ainoastaan parisen kymmentä monivuotista, joiden joukossa eräitä pensaita ja puumaiфia kasveja. — Huomattiin ensinnäkin, että kullakin suvulla, milteipä lajillakin oli niin selvästi toisistaan poikkeavat juuristot, että pelkästään niiden nojalla kävisi mahdolliseksi erottaa kasvit toisistaan. Juuristoa nimitetään yleistyneeksi silloin kuin sekä paalujuuri (tap root) että sivujuuret (laterals) ovat hyvin kehittyneet ja erikoistuneeksi, milloin jompikumpi mainituista juurimuodoista on pääasiana. Yleistyneen tyypin juuristo ulottuu siis sekä syvälle että laajalle. Tähän ryhmään kuuluvat useimmat tarkatuista monivuotisista ja niin ikään yksivuotisista kasveista. Erikoistunut juuristo taas on esim. kaktuksilla, joiden sivujuuret ovat hyvin kehittyneet ja sijoittuneet lähelle pintaa. Yleistynyt juuristo vaihtelee suuresti esim. maaperän laadun ja kosteuden saannin mukaan, erikoistunut ei ole niin mukautuvainen. Tästä seuraa, että edellinen on plastillisuutensa vuoksi omiaan auttamaan kasvin leviämistä paljon suuremmassa määrin kuin jälkimmäinen. Juuristojen väliseen kilpailuun vaikuttaa luonnollisesti paljon niiden muoto. Niinpä sellaiset kasvit, joiden juuriston pääosan muodostaa paalujuuri, eivät kilpaile tavallisten yksivuotisten kanssa, koska näiden juuret ovat enimmäkseen lähellä pintaa. Kun sadekauden jälkeen maan pintakerros alkaa kuivua, vähentävät yleistyneen juurityypin kasvit pinnallisten juurten toimintaa ja kilpailu siirtyy syvemmälle, sitten yksivuotisten kasvien juuristot lakkaavat vähitellen toimimasta, mikä aiheuttaa kilpailun vähenemisen. — On pantu merkille, että pensaat karulla puoliaavikolla kasvavat harvakseen, kun ne taas jokilaaksossa, pehmeällä ja paremmalla maaperällä muodostavat oikeita tiheikköjä. Tähän ilmiöön on selvästi syynä juuriston erilainen kehittyminen. Niinpä *Covillea tridentata* karulla rinnearolla (bajada) ulottaa horisontaaliset juurensa aina 4 m:n päähän, mutta vertikaaliset vain 35 cm:n syvyyteen, kun vastaavat mitat läheisessä jokilaaksossa, jossa maaperä oli viljavampaa ja pehmeämpää, olivat 2 m ja 1.5 m. Täällä oli myös kilpailu pintajuuristen yksivuotisten kasvien puolelta paljon heikompaa.

Mitä tulee juuristojen syvyysulottuvaisuuksiin kyseessä olevilla puoliaavikoilla, huomautetaan, että vastoin vallitsevaa käsitystä ei vallan syvälle meneviä juuria tavattu. Lausutaan olettamus, jonka mukaan syvimmälle ulottuvat juuristot ovat sellaisilla seuduilla, missä sademäärä

on kohtalainen ja pohjavesi verraten syvällä olematta kuitenkaan niin kaukana maanpinnasta kuin kyseellisillä aavikoilla (25 m ja enemmän). Mainitaan, että Nebraskan preerioilla ilmoituksen mukaan *Shepherdia*n juuristo on ulottunut 50 jalan syvyyteen. Tutkituilla seuduilla tavattiin syvimmät juuristot erään joen laaksossa, missä *Prosopis velutina*n ja eräiden *Populus* lajien juuria löytyi 8 m:n syvyydestä. Mainittu *Prosopis* on hyvin mukautuvainen kehittyen edullisissa kosteussuhteissa matalaksi puuksi, kun se kuivilla kasvupaikoilla taas jää epäsäännölliseksi pensaaksi. Sen muodosta voidaankin arvioida pohjaveden läheisyyttä.

Kun puheena oleva tutkimus on morfologinen, on juurten kuvaamiseen luonnollisesti pantu paljon huolta. Yksivuotiset kasvit on yleensä valokuvattu juuristoineen. Samaa menettelyä ei tietenkään ole voitu soveltaa monivuotisiin nähden. Kuitenkin on valokuvattu osia niidenkin juuristoista luonnollisissa asennoissaan. Juuristojen kuvaamiseen kokonaisuudessaan on käytetty kartoittamista. Täten on hyvästi saatu esille horisontaalinen juuristo, joka kyseellisissä oloissa yleensä olikin tärkein osa. Vertikaalinen juuristo on useimmiten esitetty kaaviollisena profiilikuvana.

Eräässä myöhemmässä lyhyessä kirjoitelmassaan käsittelee CANNON (1913, a) Kalifornian rannikkoilmaston puiden juuristoja. Hän päättelee, että kunkin puulajin juuristo on mukautunut maaperän kosteussuhteisiin. Pääasiassa pinnallista juuristoa pitää hän karakteristisena sellaisille seuduille, missä pohjavesi on syvällä ja sataa suhteellisen vähän. Kalifornian laaksojen metsäin harva-asentoisuus on tekijän mielestä asetettava yhteyteen kauas puusta ulottuvaan pintajuuristoon.

Toisessa samana vuonna julkaistussa kirjoitelmassa ottaa CANNON (1913, b) puheeksi preeriavyöhykkeen metsättömyyden. Täällä ei hänen havaintojensa mukaan yksistään sateista kostuva pintamaa pysty tarjoamaan kyllin kosteutta, jotta metsiä voisi syntyä. Tarvitaan lisäksi kyllin lähellä pintaa oleva pohjavesi, johon puut voivat juurineen päästä käsiksi. Semi-aridisten lounaisvaltioiden alueella voi esim. *Prosopis* saavuttaa puumaisen muodon, ellei pohjavesi ole 40 jalkaa syvemmällä, ja samanlaisissa oloissa on syntynyt tiheitä metsiäkin, kuten Kansasissa ja Nebraskassa.

MARKLE (1917) on samoin kuin CANNONkin selvitellyt erämaakasvien (desert plants) juuristoja. Tutkitut kasvit, 5 yksivuotista ja 10 monivuotista ruohoa olivat peräisin Rio Granden laaksosta Uudesta Meksikosta. Maaperä oli joen tuomaa ja sellaisena hyvin vaihtelevaa. Tämän vuoksi olivat juuristotkin kehitykseltään vaihtelevia. Havainnot selvittävät ainakin kaksi syytä juuriston erilaiseen muodostumiseen. Toinen oli

maaperän erilainen vesipitoisuus ja toinen maaperän muunteleva läpäiseväisyys juuriin nähden. Selvimmin huomattiin maan kosteuden vaikutus pengermien rinteillä (arroyo) kasvavien kasvien suhteen. Niillä oli yleensä pitkä paalujuuri, jonka ulottuvaisuus oli riippuvainen kasvin korkeudesta syvänteen pohjasta lukien.

Markle on käyttänyt samoja juuristotyyppejä kuin Cannon. Mihin näistä kolmesta jonkin kasviyksilön juuristo kuuluu, sen määräävät havaintojen mukaan etupäässä lajin juuriston ominaisuudet, mutta suuria vaihteluja saattaa ilmetä maaperän eri tekijäin vaikutuksesta.

Tekijä huomauttaa, että samoin kuin mesofiilisissä kasviyhdyskunnissa on huomattavissa maanpäällisten osien kerroksellisuutta, on luultavasti kaikenlaisissa kasviyhdyskunnissa, mutta etenkin aridisilla alueilla olemassa juurten kerroksellisuutta saatavissa olevan veden mukaan. Niinpä on eräässä kasviyhdyskunnassa voitu erottaa kokonaista neljä juurikerrosta. Tällainen kerrostuminen vaimentaa kilpailua ja tekee mahdolliseksi useampien lajien menestymisen samalla kasvupaikalla.

Varsin huomattava nimi juuritutkimuksen alalla on Weaver (1919). Selvitellessään juurten ekologiaa on hän tutkinut 140 kasvilajin juuristoja. Enimmäkseen olivat nämä ruohoja, mutta joukossa oli myös eräitä pensaita. Kaikkiaan oli tarkastelun alaisena 1150 yksilöä, joista useimmat täyden kehityksen saavuttaneita kasveja Nebraskan pensasviidakoista (chaparral), Nebraskan, Washingtonin ja Idahon preerioilta, Coloradon tasangoilta ja hiekkasärkiltä (plains, sandhills) sekä Coloradon Kalliovuorten sorarinteiltä (gravel-slide, half-gravel-slide) ja metsistä.

Nebraskan preeriakasveilla oli hyvin kehittyneet ja syvälle ulottuvat juuristot. Useimmat kasvit saavuttivat 5 jalan syvyyden, mutta monet 7—9, jopa 13—20:kin jalan. Sen sijaan tavataan harvoin laajalle leviäviä pintamyötäisiä juuria. Vastaavaisuutena juurten syvyydelle mainitaan se seikka, että maan ylimmät kerrokset eräinä vuosina ja vuodenaikoina kuivuvat siinä määrin, että kasvien saatavissa olevaa kosteutta ei ole lähempänä pintaa kuin 4—5 jalan etäisyydellä. — Washingtonin preerioilla eivät kasvit ole läheskään niin syväjuurisia kuin edellä kuvatut. Eräät vallitsevat ruohot ulottavat juurensa vain 18 tuuman vahvuiseen maakerrokseen. Täällä on sademäärä pienempi, mutta maaperä säilyttää hyvin kosteutta; lisäksi ovat esiintyvät kasvilajit aikaisemmin kypsyviä kuin Nebraskan preerioilla.

Pensasviidakon kasveilla oli kaikilla hyvin kehittyneet juuristot, jotka säännöllisesti ulottuivat syvälle, nim. 5.5—21 jalkaa maanpinnan alapuolelle. Niillä on myös erinomaiset keinot kasvulliseen lisääntymiseen, joten

ne voivat levitä preerioille käsin. Pensaikossa muuttuu maaperä humuspitoiseksi ja paremmin kosteutta säilyttäväksi, tuulten vaikutus vähenee, ja maa tulee vähitellen sopivaksi metsäkasvustoille.

Coloradon tasangoilla, missä maaperä oli hyvin tiivistä hiesua, oli kasveilla laajat ja syvälle ulottuvat juuristot. Maksimisyvyys oli 13 jalkaa, ja arvellaan, ettei myöskään vesi koskaan pääse täällä tunkeutumaan syvemmälle. Hiekkaharjanteilla olivat juuristot yleensä laajempia ja pinnallisempia, joskin eräät saavuttivat melkoisen syvyydenkin. Täällä tavattiin myös laajin juuristo kaikista tutkituista. Horisontaalisten juurten ulottuvaisuus oli jopa 25 jalkaa, vertikaalisia seurattiin 5 jalan etäisyyteen maanpinnasta, mutta arvioitiin niiden vielä jatkavan matkaansa useita jalkoja.

Kalliovuorten matalapohjaisilla sorarinteillä Coloradojoen lähteiden tienoilla oli kasvisto hyvin harva-asentoista ja juuristot laajoja ja pinnallisia. Huomattava on, että suurin osa juuristoa suuntautuu rinnettä ylöspäin. — Puolisorarinteillä ovat maaperäsuhteet edullisemmat, ja kasvisto kehittyykin täällä tiheämmäksi, joskin vielä kolmannes kasvualasta on aukeata. Juuristot ovat laajoja ja ulottuvat melko syvälle; niinpä on 20 tuuman vahvuinen maakerros kauttaaltaan juurten vallitsemaa, useat juuret tunkeutuvat jopa 3 jalan syvyyteen.

Tutkittujen metsäisten kasviyhdyskuntain puukasveina esiintyivät *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga Douglasii* ja *Picea Engelmannii*. Pintakasveista, joiden juuristoja selviteltiin, mainittakoon *Pirola chlorantha*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Rosa acicularis* sekä eräitä *Thalictrum*, *Erigeron*, *Fragaria*, *Allium*, *Ribes*, *Senecio*, *Aralia* y.m. sukujen lajeja. Yleensä olivat nämä kasvit matalajuurisia, joten juuristojen pääosa melkein poikkeuksetta oli 18 tuuman vahvuisessa pintakerroksessa. Ruusun ja sianpuolukan juuret kuitenkin toisinaan yltivät aina 2—5 jalan syvyyteen. Kaivauksissa tavattujen puiden (*Picea Engelmannii*, *Pseudotsuga Douglasii*, *Pinus flexilis*) juuret havaittiin ainakin osittain pinnallisiksi, olivatpa kyseessä eri kokoiset taimet tai täysikasvuiset puut. Haihduttavaan pintaan nähden olivat metsän ruohot ja pensaat juuristoiltaan yleensä suppeampia kuin edellä mainittujen sorarinteiden. — Ylimmät maakerrokset olivat puheena olevissa metsissä kasveille kyllin kosteat, haihdutus kun on vähäinen ja pintamaa (duff) imee itseensä tarkoin sadeveden ja säilyttää sen samalla hyvin. Jos sitä vastoin tutkitaan maaperää 2 jalkaa syvemmältä, niin useimmiten huomataan sen näiltä tienoin alkavan muuttua kuivemmaksi.

Jonkin kasvilajin juuristo on sille yhtä tunnusmerkillinen kuin maan-

päällisetkin osat. Kuitenkin tutkittaessa saman kasvilajin juuristoja eri laatuisilla kasvupaikoilla on huomattu melkoista mukautumista olosuhteisiin.

Että maaperän kosteussuhteilla on huomattava vaikutus juuristojen muodostumiseen, on selvinnyt edellisestä. Myöskin maaperän rakenteen on havaittu vaikuttavan juuriston kehitykseen. Niinpä juuri kulkiessaan kiinteän maakerroksen lävitse mutkittelee lakkaamatta, myös haaroittuminen on vähäisempää kuin löyhemmässä maassa. Luonnollisesti voi kova maakerros kokonaan muuttaakin juuren kulkusuunnan. Usein on pantu merkille, että juuri kohdatessaan tiiviissä maassa pehmeämpiä kerroksia tai esim. lierojen tekemiä koloja haaroo runsaasti.

Useilla kasvupaikoilla, kuten preerioilla on todettu ankaran kilpailun vallitsevan juuristojen välillä. Tällöin pyrkivät kasvit mukautumaan toistensa vaatimuksiin ja vähentämään kilpailua. Näin muodostavat preeriakasvit useita absorboimiskerroksia. Monilla syväjuurisilla lajeilla esim. on ensimmäiset absorboivat juuret vasta muutamien jalkojen syvyydellä, eikä niiden kilpailu siis ensinkään kohdistu matalajuurisempiin lajeihin. Tällainen sopeutuminen tekee mahdolliseksi useampien kasvilajien menestymisen samalla kasvupaikalla kuin muuten olisi asianlaita.

Yllä kuvattujen, useinkin hyvin syvien ja melko laajojenkin juuristojen esille kaivaminen on ollut hyvin työlästä ja vaatinut aivan erikoisia menetelmiä. Myös juuristojen kuvaaminen on ollut vaivalloinen tehtävä. Valokuvausta on käytetty runsaasti ja täten saatu usein paitsi juuristoja myös kasvupaikan luonne mainiosti esille. Horisontaalisia karttoja ei ole piirretty, mikä johtunee siitä, että tutkitut juuristot useimmiten olivat laajimpia pystysuoraan suuntaan. Vertikaalisia profiilipiirroksia ja kaaviollisia kuvia esiintyykin runsaasti ja valaisevia.

Waterman (1919) on tutkinut juuristojen kehitystä hiekkadyyneillä Michiganissa. Hän on keskittänyt selvittelynsä vain muutamien tyypillisten kasvien juuristoihin. Erikoisesti on tarkoitus kiinnittää huomiota juuriston suhteeseen ympäristöönsä. Maaperä oli yhtenäistä laihaa hiekkaa, jossa kuitenkin paikoin oli vanhoja maakerroksia sekä siellä täällä pienehköjä kokoumia orgaanista alkuperää. Ylimpänä on tumma humuksen sekainen kerros. — Tutkitut juuristot suhtautuvat nyt eri tavoin samanlaiseen ympäristöön. Eräät, kuten *Prunus pumila*n hakevat humusta ja orgaanisia aineita sisältäviä kerroksia, toiset juuristot taas, kuten *Ammophila arenaria*n karttavat humusta ja menestyvät parhaiten puhtaassa hiekassa. *Salix* lajeista mainitaan, että ne ovat hyvin hydrotrooppisia ja niiden juuret kulkevat usein hiekan alla rinnettä alaspäin,

kunnes saavuttavat pohjaveden. Perinnöllisyyttä pitää kirjoittaja tärkeänä tekijänä juuriston muodostumisessa. Siten esim. kasvi, joka on mukautunut hiekkamaahan, kehittää paremmassa maassa surkastuneen juuriston ja päinvastoin.

Syyt juuriston usein esiintyvään epäkeskisyyteen ovat tehtyjen havaintojen mukaan löydettävissä maaperästä. Tällaisia ovat kosteus, mineraaliset ravintoaineet, happi ja maaperän läpäiseväisyys juuriin nähden. Pääsyynä pidetään useimmassa tapauksessa ravintoaineiden epäsäännöllistä jakautumista kyseessä olevan kasvin ympäristöllä. Tätä seikkaa on selvitetty m.m. kokeiden avulla. On myös l uomattu eroa juurten pituuskasvussa lahoavien kasvin jätteiden läheisyydessä. Koskettaminen niihin tai vain tuleminen niiden vaikutuspiiriin aiheuttaa toisten kasvien suhteen juurten pidentymisen, toisten juuret taas tällöin hidastavat kasvuaan. Syynä pidetään kemiallista stimulaatiota, orgaanisten aineiden hyväksi käyttöä tai toiselta puolen haitallisia lahoamistuloksia.

Vuonna 1921 on HAASIS julkaissut tutkimuksen *Pinus ponderosan* taimien juuristomuodon suhteesta maaperään. Esiintyvät maaperät ovat savi- ja soramaita, kivisiä hiesu- ja savimaita sekä sintterimaita. Erotetuista juuristomuodoista yleisimpiä ovat kartiomainen, lieriömäinen, nuijamainen ja sukkulamainen. Kaikilla näillä on selvä paalujuuri, josta lähtevien sivujuurten sijoitus ja pituus on perustana yllä mainituille muotoa kuvaaville nimityksille. Niinpä kartiomaisen muodon sivujuuret lyhenevät säännöllisesti alaspäin, lieriömäisen ovat suunnilleen yhtä pitkät, nuijamaisen muodon sivujuuret ovat sijoittuneet pääasiassa paalujuuren alimmalle kolmannekselle, kun taas sukkulamaisen muodon sivujuuret enimmäkseen sijaitsevat keskimmäisellä kolmanneksella.

Kartiomaista muotoa pidetään normaalityyppinä, joka kaikilla tutkituilla ikäasteilla, 1—6 vuoteen, on yhtä yleinen. Muita muotoja on paljon enemmän ensimmäisenä kasvukautena kuin myöhempinä. — Edellä mainittuja harvinaisempia ovat sellaiset juuristot, joiden paalujuuri on haaraantunut lähellä pintaa tai kokonaan hävinnyt, niin ikään sellaiset, joiden sivujuuret ovat sijoittuneet vain paalujuuren ylimmälle kolmannekselle.

Kuvattujen juuristotyyppien ja maaperän välillä on havaittu yhteyttä. Esim. savimailla on nuijamainen juuristo yleisin, sintterimailla tavataan usein haaroittuva paalujuuri. Kivisillä savi- ja hiesumailla vaihtelee juuriston muoto siten, että runsaat sivujuuret ovat milloin sijoittuneet paalujuuren ylä-, milloin alaosalle, milloin taas pitkin pituutta.

Syvimmälle ulottuu juuristo savimaalla, missä ylin kerros hyvän kapillaarisen yhteyden vuoksi helposti kuivuu. Jos taimen näin ollen on mieli jäädä eloon, on sen nopeasti tungettava juurensa mahdollisimman syvälle. Kiviset savi- ja hiesumaat säilyttävät paremmin kosteutensa, kivet kun keskeyttävät kapillaarisuuden. Arvellaan, että kivien ja lohkareiden ympärillä oleva kostea kerros vaikuttaa osaltaan siihen, että puuyksilöt mainitunlaisilla mailla tulevat toimeen lyhyemmillä juurilla kuin savimaan puut. — Soramaiden pintakerros taas kuivuu suodattumisen vaikutuksesta helposti, mistä johtuu, että juurten on täälläkin tunkeuduttava syvälle saavuttaakseen tarpeellisen kosteuden.

Moore (1922, a) on tehnyt kokeita selvittääkseen humuksen sekä maan alkaalisuuden vaikutusta eräiden puulajien taimien kasvuun. Käytetty humus oli lehtimetsästä otettua, väriltään tumman ruskeaa, ei täydelleen lahonnutta. Vertausta varten kasvatettiin taimia myös puhtaassa hiekassa ja humuksen sekaisessa hiekassa. Yhden kasvukauden kuluttua mitattiin ja tarkastettiin taimet. Tällöin huomattiin, että humuksen edullinen vaikutus sekä verson että juurten pituuskasvuun oli varsin selvä. Juuret kehittyivät humuksessa ei vain pitemmiksi, vaan myös haaraisemmiksi kuin hiekassa. Humuksen edullinen vaikutus selitetään etupäässä sen typpipitoisuuden ansioksi.

Pisimmät juuret kokeilun alaisista puulajeista oli *Pinus Banksiana*lla. *Pinus rigida*n juuret olivat edelleen pitemmät kuin *Pinus resinosa*n. Tämän arvellaan saavan selityksensä siitä, että kahden ensin mainitun mäntylajin luontaiset kasvupaikat ovat karummat kuin viimeksi mainitun.

Maan alkaalisuus vaikutti kokeiltuihin taimiin, lukuun ottamatta *Thuya occidentalis*ta, hyvin haitallisesti. Juurissa huomattiin useita epänormaalisia ilmiöitä. Yhtä etäällä neutraalisuudesta oleva happamuus ei tekijän huomioiden mukaan vaikuta niin haitallisesti kuin kyseessä oleva alkaalisuus.

Moore (1922, b) on toisessakin kirjoitelmassa selvitellyt humuskysymystä ja tällä kertaa nimenomaan puiden juuristojen suhtautumista humukseen. Mainen valtiossa sijaitsevalla tutkimusalueella olivat vallitsevina puulajeina *Pinus strobus*, *Picea rubra* ja *Picea alba*. Maaperän, joka yleensä on laihaa, muodostaa vaihtelevan laatuinen sora ja hiekka sekä paikoin savi; ylimpänä on kerros raakaa humusta (duff), joka on vähän hajaantunutta ja muodostunut pääasiassa neulasista y.m. karikkeista. Humuksen ja mineraalimaan yhtymäkohdalle on tunnusmerkillistä tuhkan harmaa huuhtoutunut kerros, joka eroaa selvästi alla

olevasta maasta. Vahvuudeltaan vaihtelee havumetsän humus 2—20 cm. Nuoren metsän alla on se ohuempaa kuin vanhassa metsässä.

Tutkimusalueella vallitsevissa oloissa on kirjoittajan mukaan humus puiden pääasiallisena ravinnon lähteenä. Niinpä väitetään, että 90 % puiden absorboivista juurista on humuksessa, milloin on kyseessä havupuuvaltainen metsä. Lehtimetsissä on mainittu %-luku pienempi, mutta kuitenkin vielä korkea. Puiden kiinnittymisestä ja jossain määrin veden tarpeen tyydyttämisestä pitävät huolta mineraalimaa ja kallion halkeamat, mutta kasvuun nähden pitää kirjoittaja niiden merkitystä pienenä verrattuna humukseen.

Tutkimuksen yhteydessä on, tosin ylimalkaisesti, selvitelty usean puun juuristoja sekä taimiasteella että myöhemmällä iällä. Tällaisia puita ovat *Pinus strobus*, *Picea rubra*, *Abies balsamea* ja *Thuya occidentalis*.

Pinus strobuksen taimilla on taipumus kehittää selvä paalujuuri. Usein kuitenkin, jos humuskerros on vahva, kääntyy paalujuuri sivulle jääden kokonaan humukseen tai kulkien humuksen ja mineraalimaan rajaa myöten. Myöhemmällä iällä kehittää weymouth-petäjä kiinnitysjuuret, kun sillä vain on mihin kiinnittyä. Se ei nim. ole sidottu syväpohjaisiin maihin, vaan kasvaa usein melkein paljailla kalliopengermillä ja vain humuskerroksen peittämillä louhikoilla. — Suurin osa ravitsemisjuuria kasvaa yleensä humuksessa, mutta mineraalimaahankin niitä leviää paljon enemmän kuin on laita kuusen, jalokuusen ja tuijan.

Picea rubran taimet eivät ensinkään ulota juuriaan mineraalimaahan. Myöhemmin kyllä kehittyy juuria, jotka kiinnityksen vuoksi ulottavat kulkunsa mineraalimaahan, mutta kasvavat enimmäkseen vaakasuorasti. Luonteenomaisin juuristo on erinomaisen hienojakoinen ja leviää pääosiltaan humukseen. Tältä juuriverkostolta jäävät tuskin vasta pudonneet neulasetkaan koskematta. Ero weymouth-männyn ja punakuusen juuristojen välillä on sellainen, etteivät niiden edut joudu ristiriitaan puiden kasvaessa samoilla paikoin.

Abies balsamean taimet kehittävät vahvoja ja vain vähän haarovia sivujuuria, jotka kasvavat humuksessa. Usein esiintyy lisäksi paalujuuren näköinen keskijuuri, joka kuitenkin humuksen pohjalla hajoaa lukuisiksi sivujuuriksi; korkeintaan voi pieni ja suhteellisesti merkityksetön juuri jatkua mineraalimaahan. Täysikasvuisilla puilla on alaspäin suuntautuvia kiinnitysjuuria, mutta ravintoon nähden on puu riippuvainen humuksesta. Ravitsemisjuuret ovat paljon vähemmän haarovia ja paksumpia kuin kuusen, jopa jonkin verran vahvempia kuin weymouth-

männyn vastaavat juuret. Kasvavia juuren kärkiä on palsamikuusella paljon vähemmän kuin punakuusella, joten kuivuuden tai sienitautien aiheuttama menetys tässä suhteessa voi olla sille kohtalokas.

Thuya occidentaliksen juuristo on mukautuvampi kuin edellä kuvattujen puulajien. Se voi olla joko pinnallinen tai syvälle tunkeutuva kasvupaikan mukaan. Vaikka juuristo muodostuu melko tiheäksi, ei kilpailu muiden puiden kanssa ole ankara, sillä puu näyttää käyttävän hyväkseen kosteutta ja ravintoa, jota muut eivät kykene ottamaan.

Eräiden lehtipuidenkin juuristoja on kuvattu. Pyökin *(Fagus ferruginea)* juuristosta mainitaan, että se muodostaa melkein yhtä tiheän verkoston kuin punakuusikin, jonka kanssa kilpailu on ankara. Sokerivaahtera *(Acer saccharum)* ei ole yhtä tiheäjuurinen kuin pyökki, mutta sen käyttämä vesimäärä juuren pituusyksikköä kohti on paljon suurempi. Keltakoivu *(Betula lutea)* lähettää paljon juuria hyvin kauas rungosta.

Taimien juuristojen eroavaisuuksilla on huomattu olevan merkitystä kyseessä olevan lajin uudistumiseen nähden. Täysikasvuisten puiden juuristojen vaihtelevat muodot taas vaikuttavat tekijän havaintojen mukaan lajin onnistumiseen tai häviöön kilpailussa muiden lajien kanssa.

WEAVER ja CRIST (1922) ovat Coloradon ylätasangoilla monessa tapauksessa panneet merkille kovan maakerroksen (hardpan), jonka syvyys maanpinnasta vaihtelee 15 tuumasta 3 jalkaan ja vahvuus 8 tuumasta 1.5 jalkaan. On huomattu, että useiden villien kasvien juuret ulottuvat mainitun hardpan-kerroksen alapuolelle tai ainakin tunkeutuvat vielä siihen. Tämä selitetään siten, että johonkin aikaan noiden monivuotisten kasvien elinajasta sattuu sellaisia sadekausia, jolloin palsikerros pehmenee ja maa sen alapuoleltakin kastuu. Tavallisissa oloissa kosteus ulottuu vain palsikerrokseen saakka. Viljelyskasvien juuret tunkeutuvat harvoin kyseessä olevaan kovaan kerrokseen.

ELLIOT (1924) on kuivatustutkimusten yhteydessä kiinnittänyt huomiota maissin juurten ja pohjaveden suhteeseen turvemaalla. Viljan korkeudessa havaittiin ensin vaihtelua, minkä todettiin olevan yhteydessä pohjaveden tason vaihteluiden kanssa. Lukuisat havainnot osoittivat nyt, että juurten kasvu alaspäin rajoittui tasoon, joka oli parikymmentä tuumaa pohjavedestä. Tämä pohjaveden yläpuolella oleva kerros, johon viljan juuret eivät tunkeutuneet, on siksi vahva, että se kirjoittajan mielipiteen mukaan on otettava huomioon suomaiden kuivatusta järjesteltäessä viljelystarkoituksiin.

Pohjoismaissa ei juuritutkimukseen toistaiseksi ole paljoa huomiota kiinnitetty. Ruotsissa on Hesselman tehnyt eräitä männyn juuristoa koskevia havaintoja selvitellessään Norlannin mäntykankaiden uudistumissuhteita. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa (1910) mainitsee kirjoittaja, että männyllä etelä-Ruotsissa ja suuressa osassa muutakin levenemisaluetta säännöllisesti on paalujuuri, ja lisää, ettei näin ole laita Norlannissa. Hän on Fagerhedenissä havainnut männyn juuriston pinnalliseksi, pääjuuri kun taipuu heti sivulle ja kasvaa pitkiä matkoja melkein vaakasuorasti. Juuriston pääosa on täällä lähellä pintaa kulkien valko- ja ruskohiekkakerroksissa. Vain siellä täällä tavataan juuria 45—50 cm:n syvyydellä, ja ainoastaan joitakin yksityisiä levittäytyy maakerrokseen, jonka välimatka pinnasta lukien on 75—90 cm. Samaan suuntaan käyviä havaintoja esittää pohjois-Ruotsista Vesterlund (1892) sekä pohjois-Norjasta Norman (1901) ja Heinze (1908).

Puheena olevan Hesselmanin tutkimuksen toisessa osassakin (1917) on eräitä kohtia, jotka tässä yhteydessä ansaitsevat maininnan. Muun ohella on Fagerhedenissä tehty eräs koe juuristokilpailun selvittämiseksi Kaivettiin jalan syvyinen oja pienehkön alan ympäri jäkäläkankaalla. Ojan ympäröimällä alueella kasvavat männyn taimet vapautuivat näin lähellä olevien puiden juurten aiheuttamasta kilpailusta. Kolmen vuoden kuluttua ei kuitenkaan voitu panna merkille muutosta männyn taimien tilassa. Syynä taimien huonoon menestymiseen Norlannin mäntykankaitten aukeilla aloilla pidetään tutkimuksen nojalla humuspeitettä, jonka typpi on kasveille vaikeasti saatavissa. Parempaa humusta syntyy lahoavien maapuiden lähettyvillä ja laajalatvaisten yksinäisten puiden alla. Niinpä tällaisten puiden alle juurikilpailusta huolimatta syntyy voimakkaampia taimia kuin aukeille.

Myöskin Tamm (1920) on maaperätutkimustensa yhteydessä pohjois-Ruotsissa omistanut jonkin verran huomiota puiden juuristoille. Kertoessaan valkomaan haitallisista ominaisuuksista mainitsee hän, että se muodostaa eristävän kerroksen humuksen ja ruskomaan välille, mikä kuvastuu juurten taipumuksessa levitä osaksi humukseen, osaksi ruskomaahan. — Palsikerroksen olemassaolo aiheuttaa tekijän havaintojen mukaan kosteussuhteiden paranemisen kuivilla mäntykankailla, ja siitä johtuen metsän kasvun edistymisen, huolimatta juuriston vapaan kehityksen estymisestä. Ottaakseen selkoa palsikerroksen vaikutuksesta männyn juuristoon on tekijä kaivanut maasta kolmisen kymmentä männyn juurakkoa sekä palsimailta että tavallisilta. Viimeksi mainituilla, siis mailla, joilta palsikerros puuttui, tavattiin usein, joskaan ei aina paalujuuri.

Palsimailla oli juuristo aina laaka; toisinaan oli siinä kaksi kerrosta, ylempi lähellä maanpintaa ja alempi, heikosti kehittynyt, palsikerrosta myöten kasvava. Kaikkien käsiteltyjen juuristojen suhteen tehtiin se havainto, että pinnalliset sivujuuret aina olivat hyvin voimakkaasti kehittyneitä. Milloin paalujuuri esiintyi, oli se niihin verrattuna useimmiten heikon näköinen. Tähän nähden ei tappiota pidetä puulle aivan suurena, vaikka paalujuuren kehittyminen estyisikin.

Melin (1917) on tutkiessaan Norlannin soiden kasvillisuutta kiinnittänyt muun ohessa huomiotaan myös puiden juuriin tehden suoritettujen mittausten nojalla sen merkittävän havainnon, että männyn juuristo kuivatetuilla soilla on huomattavasti suppeampi kuin ojittamattomilla. Eräällä ojittamattomalla rämeellä on Melin mitannut aina 14 m:n mittaisia männyn juuria. Kaikki tutkitut juuristot, myös kuusen ja koivun olivat laakoja.

Selvitellessään kanki-istutuksen vaikutuksia männyn juuristoon on Wibeck (1923) kaivanut juurineen suuren joukon nuoria mäntyjä eri osista Ruotsia. Hän onkin todennut, että mainitun istutustavan seurauksina suuri prosenttimäärä taimista kehittyy juuristoltaan epämuodostuneeksi. Tämä ominaisuus on huomattu sitä yleisemmäksi, mitä vanhempia taimia istutukseen on käytetty. Juuriston epämuodostumisen ei kuitenkaan ole havaittu haittaavan taimia vielä 15 vuoden ikäisinäkään. Päinvastoin ovat sellaiset taimet, joiden juuristot istuttamisen vuoksi ovat jääneet muodottomiksi, sekä pituuden että läpimitan puolesta edellä normaalisen juuriston omaavista taimista. Tämä etevämmyys ei kuitenkaan kirjoittajan huomioiden mukaan jatku juuri pitemmälle kuin 15 vuoden ikään, jonka jälkeen huonojuuristoiset yksilöt voivat äkkiä ja joukoittain kuolla.

Mitä Suomessa viime aikoihin asti on puiden juurista kirjoitettu, se on nähtävästi perustunut kokemukseen, s.o. irrallisiin ammattimiesten y.m. tekemiin havaintoihin, tai on ollut lainattua ulkomaisesta kirjallisuudesta, jonka tiedot useinkin ovat olleet peräisin samoista lähteistä. Mainittakoon tässä kuitenkin eräitä tietoja, joita Blomqvist antaa merkittävässä kuvauksessaan Suomen puulajeista (1881, 1883). Hän kertoo, että männyn taimi ensimmäisenä kasvukautenaan multavalla ja viljavalla maalla kasvattaa 10—17 cm:n mittaisen pääjuuren, joka laihalla maalla saavuttaa 30—37 cm:n mitan. Edelleen mainitaan, että sivujuuret ensi vuotenaan jäävät lyhyiksi, mutta seuraavana voivat saavuttaa 5—10 cm:n pituuden. Möyheällä maalla sanotaan männyn vähitellen ulottavan paalujuurensa 4—6, jopa kuivilla hiekkamailla aina 8 jalan sy-

vyyteen. Jäykällä savimaalla kehittyy BLOMQVISTin mukaan vain lyhyt paalujuuri ja mäntyrämeillä ei ensinkään. Myöskään moreenimailla ei yleensä paalujuurta ole, muodostuu vain haarainen paalujuuren aihe, jonka lisäksi kehittyy joukko enemmän tai vähemmän haaraantuvia, alaspäin suuntautuvia sivujuuria. Juuriston ulottuvaisuudesta sivulle päin mainitaan, että kuivalla ja laihalla maalla voivat pintamyötäiset juuret ulottua kauas puusta, kun taas viljavalla maalla juuristo jää suppeammaksi.

Kuusen juuristosta mainitsee BLOMQVIST, että se yleensä on pintamyötäinen, paalujuuri kun herkeää kasvamasta puun ollessa vasta muutaman vuoden ikäinen. Suurin osa juurista leviää aivan lähelle maanpintaa tai enintään yhden jalan vahvuiseen kerrokseen. Juuret voivat ulottua 40, jopa 60 jalan etäisyyteen rungosta. Tiheässä metsässä ja lihavalla maalla on juuristo suppeampi kuin vastakkaisissa olosuhteissa. Edelleen kertoo BLOMQVIST Saksan tiheissä kuusikoissa toisinaan sattuvista eri puiden juurten yhteenkasvamisista, joista saavat selityksensä huomatut kuusen ja hopeakuusen kantojen kylestymiset.

»Metsänhoidon perusteissaan» (1917) on CAJANDER taitavasti koonnut yhteen pääasiallisen siihen mennessä saatavissa olleen tiedon puiden juuristoista. Käyttäen hyväkseen m.m. edellä selostettua BLOMQVISTin esitystä mainitsee hän lisäksi useita seikkoja, jotka ovat omiaan valaisemaan juuristojen kehitystä. Männyn paalujuuriston muodostuminen jää CAJANDERinkin esityksen mukaan vaillinaiseksi suo-, savi- ja hyvin kiviperäisillä mailla. Mutta tämän ohella kerrotaan, ettei mänty myöskään kuivimmilla laihoilla kankailla, varsinkaan kauan aukeina olleilla, kehitä säännöllistä paalujuurta. Samoin mainitaan asianlaidan olevan pohjois-Suomen vallitsevilla metsätyypeillä. Männyn juuristo on CAJANDERin mukaan sitä laajempi, kuta laihempi ja kuivempi maa on. Karuilla hiekkakankailla sanotaan ohuiden, pintamyötäisten juurien saavuttavan useiden kymmenien metrien pituuden. Männyltä puuttuu kyky muodostaa lisäjuuria katkenneiden tilalle, jonka vuoksi varoitetaan istutuksen yhteydessä leikkaamasta juuria.

Kuusen juuriston kuvauksesta CAJANDERin esityksessä huomattakoon maininta adventiivijuurista, joita tämä puulaji kykenee nuorena kasvattamaan rungon alaosasta. Tästä kyvystään on puulla hyötyä varsinkin turvemailla kasvaessaan.

Muista puulajeista otettakoon puheeksi ainoastaan koivu, jonka juuristoa CAJANDER kuvaa seuraavasti: »Koivun juuristo on yleensä pienempi kuin männyn ja kuusen, ja onkin se suppeampi kuin useimpien

muiden pohjoismaisten puulajien. Pääjuuri ei kasva syvälle. Se haaroittuu verrattain vähän, ja haarat pysyttelevät lähellä pintaa. Niin pinnallinen kuin kuusen juuristo ei kuitenkaan koivun juuristo ole».

Heikinheimo, joka jo aikaisemmin (1915) selvitellessään kaskiahojen vesottumista oli tutkinut lehtipuittemme juuristoja ja varsinkin niiden suhtautumista vesomiseen, on julkaisussaan vuodelta 1920 kiinnittänyt huomionsa erääseen kuusen juuriston merkittävään ominaisuuteen, nim. myöhäisjuurien syntymiseen. On todettu, että puheena olevia juuria syntyy oksakiehkuroiden lähettyville, milloin olosuhteet ovat juurien muodostumiseen sopivat. Tällainen tilanne syntyy juurenniskan joutuessa sammalen, karikekerroksen, turpeen, maan y.m.s. sisään. Näin ei käy ainoastaan soilla ja soistuvilla mailla, vaan tavallisilla kankaillakin, kun vain sammal- tai turvekerros taimen syntyessä on ollut ohut tai kokonaan puuttunut esim. kulon vaikutuksesta. Niin ikään taimia istutettaessa entistä asentoa syvemmälle syntyy myöhäisjuuria, vieläpä saman kasvukauden aikana. Näiden merkitys voi tulla sangen huomattavaksi, voivatpa ne jo 2—3 vuoden kuluttua muodostaa suhteellisesti suuren osan juuristosta. Myöhäisjuuria kehittävät etupäässä nuoret kuuset. Kuitenkin pidetään todennäköisenä, että niitä suotuisissa oloissa voi muodostua verraten vanhojenkin kuusten tyveen.

Edelleen on Heikinheimo (1926) tehnyt merkittäviä huomioita lehtikuusen juuristosta selvitellessään Raivolan lehtikuusikossa v. 1924 sattunutta myrskyn tuhoa.

Meikäläisistä tutkijoista on Aaltonen enimmän valaissut juurikysymystä ja sen metsänhoidollista merkitystä. Jo laajassa tutkimuksessaan Lapin kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta (1919) pitää hän juurikilpailua erinomaisen tärkeänä emämetsän ja nuorennoksen välisiä suhteita selvittäessään. Onpa hän taipuvainen pitämään mitättömänä emämetsän vaikutusta valon saannin estäjänä verrattuna sen vaikutukseen juurikilpailun aiheuttajana.

Seuraavassa tutkimuksessaan (1920) ottaa Aaltonen nimenomaan esille juurikysymyksen selvittäen juuristojen ulottuvaisuuksia ja juurten tiheyttä Lapin kangasmetsissä. Etupäässä koskivat tutkimukset männyn juuristoa, mutta myös vähemmässä määrin kuusen ja koivun. Juurten ulottuvaisuutta koskeva aineisto käsittää kaikkiaan yli 1500 puuyksilöä, enimmäkseen kuitenkin aivan pieniä taimia. Yli 2 m:n mittaisia oli n. 60, niistä 19 sellaista, jotka 1.3 m:n korkeudelta olivat läpimitaltaan 10 cm tai enemmän. Tuloksia saatiin juuriston muotoon ja vertikaaliseen ulottuvaisuuteen nähden, kuitenkin ottaen huomioon vain lähellä puun

tyveä oleva juuriston osa; kauemmas kuin 1—1.5 m ei nimittäin juuria näytä seuratun. Ansaitsee mainita, että aineistoa on kerätty metsämaan eri hyvyysasteilta, jolloin bonitoiminen on toimitettu CAJANDERin tunnettujen metsätyyppien mukaan. Maaperä oli enimmäkseen hienoa, kivetöntä hiekkaa.

Tuloksista mainittakoon ensin, että juuriston on huomattu kuivilla kankailla ulottuvan syvemmälle kuin tuoreilla. Niinpä 15—20 m:n korkuisten puiden juuristot jäkälätyypillä saavuttavat 1.5—2 m:n syvyyden, kun taas puolukkatyypillä vastaava syvyys on 1 m. Juuriston muodon suhteen osoittavat tutkimukset, että pienistä 1—1.5 m:n korkuisista puista on n. puolella selvä paalujuuri. Suuremmilla puilla on se hiukan harvinaisempi. Metsätyypin on huomattu sikäli vaikuttavan juuriston muotoon, että paalujuurta hiukan useammin tavataan jäkälä- kuin kanerva- ja puolukkakankailla. — Suurien puiden juuristoissa on tekijä huomannut sivujuurten usein asettuvan kerroksiin, minkä ilmiön hän olettaa johtuvan maaperän kosteuden tai ravintoainepitoisuuden vaihteluista.

Kuusen juuristoa on tutkittu pääasiassa paksusammaltyypillä. Paalujuurta on nähty vain poikkeustapauksissa. Suurien, 15—18 m:n mittaisten puiden juuriston on havaittu ulottuvan 80—100 cm:n syvyyteen. Suuret horisontaaliset juuret kulkevat 40—50 cm maanpinnan alapuolella, mutta on pantu merkille, että niistä lähtee ohuita vertikaalisia juuria, jotka tunkeutuvat aina 1 m:n syvyyteen.

Juuriston muotoa koskevaa esitystä selventävät useat valokuvat ja kaaviolliset piirrokset.

Juuriston tiheyttä metsämaassa on AALTONEN tutkinut lukemalla eri vahvuiset juuret 2 m:n pituisista ja 30 cm:n syvyisistä profiilileikkauksista, joita sijoitettiin yksi kutakin koealan aaria kohti. Hehtaarin suuruisia koealoja otettiin 12:ssa metsikössä, joista 8 männikköä, 2 kuusikkoa ja 2 koivikkoa. — Juuriston runsaudesta männiköissä tultiin siihen johtopäätökseen, että yhtä tiheissä metsissä paremmilla tyypeillä oli vähemmän juuria kuin huonommilla. Tästä taas johdutaan päättelemään, että puiden juuret karuilla mailla ulottuvat pitemmälle kuin hyväkasvuisilla. Koivikoissa näytti koealojen perusteella juuristo olevan harvempaa kuin männiköissä. Kuusikkojen suhteen ei varmaa päätöstä voitu tehdä. — Juuristojen syvyydestä voitiin merkitä, että vähän yli puolet juurista tavattiin 10 cm:n vahvuisessa pintakerroksessa. Kuusen juuria oli kuitenkin lähellä pintaa suhteellisesti enemmän kuin männyn.

Lopuksi tehdään tulosten nojalla eräitä juurikilpailua koskevia johto-

päätöksiä. M.m. selitetään juurikilpailun avulla se seikka, että puun taimet hyvällä maalla sietävät enemmän varjostusta kuin huonolla; yhtä varjoisa metsä nimittäin laihalla maalla kehittää tiheämmän juuriverkoston, joten taimet eivät enää löydä samoja kasvuedellytyksiä kuin paremmalla maalla, missä juuristo ei ole yhtä tiheä.

Juurikilpailua käsittelee Aaltonen edelleen v. 1923 ilmestyneessä julkaisussaan. M.m. selvittää hän kysymystä maissilla tekemillään valaisevilla astiakokeilla.

Samana vuonna (1923) kuin edellä mainittukin julkaisu, ilmestyi myös Kokkosen tutkimus, joka käsittelee suomäntyjen juuristoa. Erikoisesti on huomio kiinnitetty lähellä puun tyveä olevan juuriston muotoon. On erotettu viisi tyyppiä, joista kaksi on säännöllisiä ja muut enemmän tai vähemmän säännöttömiä siten, että sivujuuret juurenniskan kohdalla ovat kääntyneet tai kiertyneet, tai sitten on puun tyvi nuijamaisesti turvonnut. Kahteen ensimmäiseen ryhmään kuului tutkituista 76 puuyksilöstä yli 60 %. Merkittävää on, että lähes 8 %:lla tavattiin jonkinlainen, vaikka useimmiten hyvin surkastunut paalujuuri. Säännöllisen juuriston muodostuminen on havaintojen mukaan yleisempää silloin kuin turpeessa puun tyven alla tai lähettyvillä on vanha kanto tai muita puun jätteitä. Samoin näyttää hyvä turvelaatu suosivan säännöllisen juuriston kehittymistä. — Pohjaveden taso määrää tutkimuksen mukaan juurten leviämisen vertikaaliseen suuntaan. Niinpä ne viemärien lähellä ulottuivat huomattavasti syvempään kuin kauempana niistä. Juurten horisontaalisista ulottuvaisuuksista ei mittauksia ole tehty. Kuitenkin on pantu merkille, että juuret mieluummin kasvavat kaivettua viemäriä kohti kuin vastakkaiseen suuntaan. Paitsi jo mainittuja juuriston muotoon vaikuttavia tekijöitä, nimittäin pohjaveden tasoa, turpeen laatua ja siinä olevia puun jätteitä, on kirjoittaja vielä ottanut huomioon roudan ja lumen vaikutukset.

Suomäntyjen juuristoa on tutkinut myös Multamäki (1923) selvitellessään ojituksen vaikutusta turvemaiden metsän kasvuun. Aineiston pääosan muodostaa 24 mäntyä, enimmäkseen varttuneita puita. Koepuista oli 5 ojitetuilta soilta, loput ojittamattomilta. Tietoja annetaan — paitsi tutkittujen puiden maanpäällisistä osista — m.m. niiden juuriston syvyydestä, »pääjuurihaarojen» luvusta ja haaraantumisesta, juurten horisontaalisesta ulottuvaisuudesta sekä juuriston yleisestä luonteesta. Juuristoja on kaivettu eri laatuisilta soilta, jotka on karakterisoitu ilmoittamalla Cajanderin suotyyppi, jonka lisäksi vielä turpeen vahvuus ja laatu on selitetty ja metsikkö kuvattu.

Kaikilla tutkituilla suomännyillä havaittiin olevan selvä laakajuuristo. Pohjaveden taso oli määräävä juurten maksimisyvyyteen nähden. Suon laadun on huomattu vaikuttavan juuristoon sikäli, että laiha, hapan ja kostea turve suosii pitkien, köysimäisten, vähän haarovien juurten kehittymistä, kun taas paremmassa ja usein samalla kuivemmassa turpeessa muodostuu runsaasti ja tasaisesti haaroittunut juuristo. — Eräässä tapauksessa mitattiin rahkaisella niittyvillarämeellä lähes 11 m:n pituinen juuri, joka kuitenkin mainitun mitan kohdalla katkesi ollen vielä $^1/_2$ cm:n vahvuinen. Yleensä ovat ilmoitetut horisontaalisten juurten ulottuvaisuudet paljon vähäisempiä, usein vain 3—5 m. — Juuren kärkipuoli on yleensä aina lähempänä pintaa kuin sen tyvi, jonka turve pyrkii hautaamaan yhä syvemmälle. — Tutkittaessa ojituksen vaikutusta juurten kasvuun on tultu siihen tulokseen, että vanhojen juurten kasvu on heikentynyt, mutta sen sijaan kehittynyt runsaasti uusia pikku haaroja. — Juuriston kuvaamiseen on käytetty etupäässä valokuvaamista.

Jos tarkastetaan edellä selostettuja tutkimuksia, huomataan niissä eräitä merkittäviä piirteitä. Ensinnäkin vain harvat käsittelevät nimenomaan juuristoa, ja tällöinkin on usein päähuomio kiintynyt muihin kuin juuriston morfologisiin puoliin. Lisäksi useat esitetyistä tutkimuksista eivät ensinkään koske puiden juuristoa. Milloin taas puiden juuristo on ollut käsiteltävänä, ovat havainnot monesti rajoittuneet aivan pieniin taimiin tai koskevat muita puulajeja kuin tässä käsillä olevaa. Lopuksi on tutkimustapa hyvin erilaista tietenkin riippuen tavoiteltavina olleista tarkoitusperistä. Samoin on aineisto sekä tarkkuuteen että laajuuteen nähden vaihtelevaa. Eräissä tapauksissa on esitetty tietoja, jotka nojaavat aikojen kuluessa tehtyihin havaintoihin tai aikaisempiin tutkimuksiin ilman että lähdettä on ilmaistu. Toisaalta saattaa jokin tieto perustua asianomaisen omiin havaintoihin tai tutkimuksiin, joiden laatua ja tapaa ei ole ilmoitettu.

Selostetuista tutkimuksista on koetettu esittää mahdollisimman lyhyesti niiden oleellisimpia piirteitä varsinkin niiltä osilta, jotka valaisevat juuriston morfologiaa. Jottei alkuperäisen esityksen käsitettävyys kärsisi, on toisinaan täytynyt ottaa mukaan sellaistakin, joka ei suoranaisesti selvitä juuriston muotoa tai rakennetta.

Onko ruohokasvien juuristoa käsittelevistä tutkimuksista apua männyn juuristoa selviteltäessä, voinee tuntua epäilyksen alaiselta. Yhtymäkohtia kuitenkin on. M.m. tutkimusmenetelmät voivat olla osittain sa-

manlaiset. Toiseksi mainittakoon vain, että juuriston suhtautuminen erilaisiin maakerroksiin ja muihin maaperän kokoomuksen vaihteluihin voi olla saman tapainen, olipa sitten kyseessä ruoho- tai puukasvi. — Ne olosuhteet, joissa viljelyskasvit kehittävät juuristonsa, ovat kuitenkin siksi paljon poikkeavia luonnontilaisen metsämaan vastaavista oloista, ettei yleensä ole katsottu tarpeelliseksi kiinnittää erikoista huomiota viljelyskasvien juuristoja koskeviin tutkimuksiin ja havaintoihin.

Puiden juuristoa käsittelevinä on selostettaessa otettu mukaan eräitä sellaisiakin kirjoitelmia, joilla ei varsinaista tieteellistä pohjaa näytä olevan. Niiden esittämät havainnot voivat kuitenkin olla sikäli merkittäviä, että tuovat ilmi ennen huomiotta jääneitä seikkoja tai yleistämällä liiaksi omia havaintojaan herättävät vastustusta, joka voi olla omiaan asioita selventämään.

Selostettujen tutkimusten tai tiedonantojen sisällys on kysymykseen tulevilta osiltaan yleensä kerrottu sellaisenaan ilman sanottavia vertailuja tai huomautuksia. Täten on asianomaisen tutkijan esitys saatu säilymään eheämpänä ja käsitettävämpänä, vaikka usein vain muutamaan sanaan supistettuna. Huomautuksia ja vertailuja tullaan tekemään tuonnempana, aineen varsinaisen käsittelyn yhteydessä.

Käsillä olevan tutkimuksen laatu.

Kuten edellä olevasta katsauksestakin selviää, voidaan jonkin puun juuristoa selvitellä sangen monella eri tavalla. Voidaan esim. tutkia sitä anatomiselta kannalta. Juuriston eri osien sisäinen rakenne vaihtuvista olosuhteista aiheutuvine muutoksineen on epäilemättä tutkimisen arvoinen aihe, ja siinä on varmasti vielä paljon selvittämistä. Lähellä on juuriston fysiologinen tarkastelu. Juuriston eri osien toiminta, niiden kasvu, uusien osien kehittyminen ja tarpeettomien poistuminen on vielä monessa suhteessa vaillinaisesti tunnettua. Kun tutkimusta laajennetaan siten, että tarkastelun alaiseksi otetaan juuriston ja sen eri osien suhtautuminen ympäristöönsä ja siinä esiintyviin moninaisiin olosuhteisiin, tullaan biologian alalle, joka ainakin kyseen ollessa puiden juuristoista tarjoaa kiitollisia selvittelyn aiheita miltei loppumattomiin. Myöskään teknillisessä mielessä ei puiden juuristoja nähtävästi kyllin tarkoin tunneta. Metsätieteellä on täysi syy ottaa käsille mainittuja tutkimusaiheita. Ja jos tällöin otetaan huomioon myös käytännön vaatimukset, koituvat tulokset epäilemättä ajan mittaan metsätalouden hyödyksi.

Mutta ennen kuin mainittuihin erikoistutkimuksiin voidaan menestyksellä ryhtyä, on luonnollisesti ensin tunnettava juuriston muoto ja rakenne yleensä sekä sen ulottuvaisuudet horisontaaliseen ja vertikaaliseen suuntaan. On oltava ainakin pääpiirteilleen perillä kokonaisuudesta ennen kuin ryhdytään tutkimaan osia. Puiden juuriston morfologiaa on kuitenkin, kuten selostuksistakin huomataan, vielä sangen vaillinaisesti selvitetty. Meikäläisiin oloihin sovellettavissa olevia tutkimuksia on varsin niukasti ja kotimaassa toimitetut koskevat vain erikoisolosuhteita (soita ja Lapin kangasmetsiä). Näin ollen on epäilemättä täysin perusteltua ryhtyä selvittämään pääpuulajiemme juuristojen niin sanoaksemme ääripiirteitä sellaisina kuin ne esiintyvät mainittujen puiden tavallisimmilla kasvupaikoilla. On luonnollista, että tällöin ensimmäisenä on otettu käsille tär-

kein puulajimme, mänty. Allekirjoittaneen tehtäväksi on joutunut äsken sanotussa mielessä tutkia männyn juuristoa. Seuraavassa esitetään suoritetun työn pääkohdat sekä saavutetut tulokset. Ensimmäisenä tulevat puheeksi tutkimusseudut ja aika, jonka kuluessa tutkimukset toimitettiin.

Tutkimuspaikat ja -aika.

Kaikki koe- eli tutkimusalat sijaitsevat 64:nnen leveysasteen eteläpuolella. Kerätty aineisto ei siis edusta varsinaista pohjois-Suomea. Tutkimusalueen laajentaminen koko valtakuntaa käsittäväksi olisi epäilemättä ollut suotavaa, sillä Perä-Pohjolan monessa kohti eteläisemmistä seuduista poikkeavat olosuhteet voivat aiheuttaa eroavaisuuksia puiden juuristojenkin kehityksessä. Kustannussyistä ei kuitenkaan mainittua laajentamista voitu toteuttaa. Tästä on sen sijaan ollut se etu, että maan eteläpuolta koskevaa aineistoa on voitu hankkia jonkin verran runsaammin.

Kun käsillä oleva tutkimus on suoritettu muun työn ohella, on sanotun työn (metsätalousylioppilaiden harjoitustöiden ohjaus) sijoitus pääasiassa ollut määräävänä tutkimusalojenkin seutuun nähden. Tästä ei liene kuitenkaan aiheutunut haittaa, sillä maan eteläpuolisko muodostaa metsän kasvuun nähden jotakuinkin yhtenäisen alueen, jota on käsitelty kokonaisuutena m.m. metsätaksatoorisissa tutkimuksissa. Verrattakoon esim. Y. ILVESSALON (1920) ja LÖNNROTHIN (1925) teoksia. Lisäksi ovat koealat, kuten kohta tarkemmin selviää, niin sijoittuneet, että niiden voidaan katsoa edustavan maan eteläpuoliskon sekä pohjoisia että eteläisiä osia. Koealojen tasaista sijoittumista yli alueen ei käsillä olevan tapaiselta tutkimukselta voine vaatia. Tuloksethan eivät missään tapauksessa ole suoraan käytäntöön sovellettavia keskiarvolukuja. Sitä paitsi voinee tuskin ajatella pienehköjen ilmastollisten eroavaisuuksien vaikuttavan sanottavia muutoksia juurten kehitykseen, jos olosuhteet muuten ovat samat. Onhan metsikköjenkin kehitys Suomen eteläpuoliskolla todettu varsin saman laatuiseksi yhden vertaisilla kasvupaikoilla. Tiettävästi ei tällöin yksityisten puidenkaan, ainakaan maanpäällisten osien muodostumisessa ole suuria eroja, ja samaa voinee olettaa maanalaisistakin osista.

Tutkimusalat ovat jakautuneet kahteen pääryhmään. Pohjoisem-

paan kuuluvat Säyneisen, Rautavaaran ja Pielisjärven, eteläiseen taas Oriveden, Teiskon ja Hämeenkyrön pitäjissä olevat koealat. Pielisjärven koealat ovat pohjoisimpana, ja niiden asema on suunnilleen 63° 35′ pohjoista leveyttä ja 4° 40′ itäistä pituutta Helsingistä lukien. Rautavaaran ja Säyneisen koealat ovat kaikki 3° 30′ tienoilla itään Helsingistä, mutta leveysaste vaihtelee 63° 35′:stä 63° 15′:iin. Oriveden koealojen asema on suunnilleen 61° 40′ pohjoista leveyttä ja 0° 50′ länteen Helsingistä. Samaan ryhmään kuuluu myös Teiskon koeala. Hämeenkyrön tutkimusalat sijaitsevat siten, että leveysaste on n. 61° 40′ ja pituusaste n. 1° 50′ niin ikään länteen Helsingistä.

Tutkimuksia suoritettiin viitenä kesä-syyskautena, nim. vuosina 1922—1926.

Seuraavasta taulukosta käy selville koealojen luku pitäjittäin, asianomainen lääni sekä vuosi, jolloin tutkimus koealalla suoritettiin.

Koealojen luku *Number of sample plots*	Vuosi *Year*	Pitäjä *Parish*	Lääni *Province*
1	1922	Säyneinen	Kuopio
9	1923	Rautavaara	»
7	1924	Pielisjärvi	»
11	1925	Orivesi	Häme
3	1925	Hämeenkyrö	Turku—Pori
1	1926	Orivesi	Häme
1	1926	Teisko	»
Yht. *Total* 33			

Koealoista oli 13 yksityismailta, 19 valtionmailta ja 1 kirkollisvirkatalon tiluksilta.

Tutkimusmenetelmät.

Ennen kuin voidaan ryhtyä tekemään selkoa aineistosta, on luotava katsaus tutkimus- ja työmenetelmiin, koska muuten aineiston käsittäminen saattaa olla vaikeaa.

On selvää, että sen tapaiset tutkimukset kuin kyseessä oleva vaativat m.m. huomattavasti mekaanista työtä. Lisäksi on työ erittäin hidasta. Otettakoon pari esimerkkiä. Eräältä v:n 1925 koealalta kaivettiin täydellisesti juurineen kaksi puuta. Toinen oli 1.3 m:n korkeudelta 29 cm:n vahvuinen mänty ja toinen 10 cm:n vahvuinen kuusi. Tällä koealalla kului työmiehen päivätöitä 10 ja omia työpäiviä 8. Tarkastettakoon vielä toistakin tutkimusalaa, sekin vuodelta 1925. Kaikkine juurineen kaivettiin 4 puuta, nim. 1.3 m:n korkeudelta 15.4 senttinen mänty, 11.0 senttinen koivu, 7.6 senttinen mänty ja 4.2 senttinen kuusi, jonka lisäksi selvitettiin vain osittain 18.0 senttisen männyn juuristo. Apumiesten päivätöitä kului 16 $^1/_2$ sekä omia 9 $^1/_2$. Mainitut koealat eivät olleet mitenkään erikoisen työläitä, ja apuna oli edellisinä kesinä saavutettu melkoinen kokemus työn suorituksessa. Esimerkeistä saanee jonkinlaisen käsityksen työn vaivalloisuudesta.

Työvoiman käyttö on verraten rajoitettua, sillä ensinnäkin kuluu tutkimuksen suorittajaltakin paljon aikaa koealalla, joten hän ei ehdi »ottaa talteen» monen apumiehen työn tuloksia, toiseksi on työt tehtävä määrätyssä järjestyksessä, minkä vuoksi joku miehistä helposti joutuu »odottamaan». Kolmantena syynä on ollut se, ettei allekirjoittanut *ole* voinut omistaa läheskään kaikkea aikaansa tutkimukselle.

Mainituista syistä johtuu, että vain poikkeustapauksissa on voitu käyttää kolmea apuria, useimmiten on ollut kaksi, mutta monesti vain yksi. Toinen seuraus on siinä, että apurien valinnassa on etusija ollut annettava sellaisille henkilöille, joita on voitu käyttää muuhunkin kuin ruumiilliseen työhön.

Koealalla suoritettavat työt voi sopivasti jakaa neljään ryhmään.

Näistä mainittakoon ensinnä mekaaninen työ, joka pääasiassa on kaivuuta, mutta myös osaksi puiden kaatoa ja siirtämistä y.m.s., toiseksi juuriston kuvaaminen, kolmanneksi suoritettavat mittaukset ja neljänneksi koealalla tehtävät yleiset muistiinpanot. Näitä toimia ei kyllä tässä järjestyksessä suoriteta, vaan työn vaatimusten mukaan milloin mitäkin. Kuitenkin on epäilemättä asiallisinta selostaa niitä kutakin erikseen. Työn kulku tulee silti täysin selvästi esille.

Kaivuu y. m. mekaaninen työ.

Juuriston esille kaivaminen tapahtui saavutetun kokemuksen nojalla seuraavaan tapaan. Ensin kuorittiin varovasti maan pintakerros puun ympäriltä läheltä tyveä, jolloin paljastuivat ylimmät vaakasuorat juuret. Nyt lähdettiin seuraamaan juuria useaan suuntaan varoen katkaisemasta kulloinkin käsillä olevan ylitse tai alitse kulkevia juuria ennen kuin oli selvitetty, kuuluivatko ne tutkittavaan puuhun vai ei. Paitsi aivan päällimmäisiä lähdetään heti alussa seuraamaan myös tyveltään hiukan syvemmällä olevia juuria, jotka koetetaan nekin heti alussa saada esille, ne kun useinkin jonkin matkan päässä puusta yhtyvät samaan tasoon kuin päällimmäiset. Mitään juurta ei yleensä kaivettu yhtämittaisesti loppuun asti, vaan pyrittiin viemään useampia rinnan eteenpäin, jotta olisi suurempi varmuus niiden säilymisestä eheinä siinäkin tapauksessa, että juuret tai niiden sivujuuret menevät ristiin keskenään. Sivujuuret kaivettiin, mikäli mahdollista esiin sen mukaan kuin niitä pääjuuresta erkani. Jos oli kaivettava useampia lähekkäisiä puita, alettiin työ yhtaikaisesti kunkin puun tyveltä edeten toisia puita kohti. Esiin kaivetut juuret jäivät aivan kuin pienten ojien pohjalle luonnolliseen asentoonsa. Läheltä puun tyveä, missä juuria on tiheimmässä, oli kuitenkin maa kokonaan poistettava, vaikkei vertikaalisia juuriakaan olisi täällä ollut.

Vaakasuoria juuria kaivettaessa tarvittiin monenlaisia työaseita. Tyvestä lähtien oli aseena useimmiten tavallinen lapio, jota kuitenkin oli aina varoen käyteltävä, sillä juuren mutkia on mahdotonta edeltäpäin arvata. Sitä mukaa kuin juuri oheni, oli ensin lapio vaihdettava pieneen kuokkaan ja tämä taas koururautaan, jollaisia kasvitarhassa käytetään rikkaruohoja juurineen poistettaessa. Kourut olivat välttämättömänä apuneuvona kaikilla koealoilla, niillä kun saattoi poistaa maata ahtaimmistakin juurten väliköistä, jonne ei muuta työvälinettä saanut sopimaan. Varsineen olivat puheena olevat kourut n. 30 cm:n mittaisia. Seurattavan

juuren ohentuessa pariin millimetriin osoittautui koururautakin liian karkeaksi aseeksi, ja työtä oli jatkettava paljain käsin. Paksumman juuren vahingossa katkettua oli yleensä helppo löytää jatko, mutta jos kyseessä oli aivan ohut juuri, oli tehtävä paljon vaikeampi, usein mahdotonkin. Sen vuoksi oli juuren loppupäätä kaivettaessa suurta varovaisuutta noudatettava. — Muista aseista, joita maaperästä riippumatta tarvittiin juurten paljastamiseen, mainittakoon vielä kirves. Se oli välttämätön vastaan tulevien vieraiden juurien ja juurakoiden tieltä raivaamisessa. Hyvin kanervaisella maalla kävi varpujen sekaisen maan siirtäminen lapiolla varsin hankalaksi. Tähän työhön hyvin sopiva oli tavallinen nelipiikkinen talikko. Maan siirtäminen tuotti muuten melkoista vaivaa, varsinkin kun oli kyseessä laaja ja tiheä juuristo. Eräissä tapauksissa täytyikin maata kantaa kopalla juuriston ulkopuolelle.

Maaperän mukaan oli kaivamisvaikeus vaihteleva, ja siitä riippuen tarvittiin erikoisia aseita. Kivisellä maalla ei kaivamista voinut ajatellakaan ilman rautakankea. Isohkoja kiviä vääntäessä oli lisäksi turvaudutttava jykeviin puukankiin. Toisinaan oli saviperäinen moreenimaa kokonaisuudessaan niin kovaa, että sitä saattoi vain kangen ja kuokan avulla pala palalta irroittaa. – Turvemaalla ei lapiosta ollut suurtakaan hyötyä. Pintakerroksen poistaminen oli tällöin tehtävä suurella, terävällä kuokalla. — Hiekkamaalla oli vaakasuorien juurien esille kaivaminen helpointa.

Kun nyt lähellä maanpintaa kulkeva juuristo oli saatu edellä selostetuin asein paljastetuksi sekä kuvatuksi ja mitatuksi, kuten tuonnempana selitetään, hakattiin useimmiten jokin vaakasuora juuri pois, jotta päästiin puun tyvellä kaivamaan syvemmälle. Mahdollisesti tavattavat, alempana kulkevat horisontaaliset juuret kaivettiin sitten, kuvattiin ja mitattiin. Muuten hankalaa syvällä olevan juuren seuraamista helpotti nyt suuresti se seikka, ettei pintajuuria enää tarvinnut ehdottomasti varoa, ne kun oli jo selvitetty. Viimeistään tämän jälkeen oli käsittelyn alainen puu kaadettava. Muutoin saattoi puu itse kaatua ja repiä juuristonkin mukanaan, jolloin sen tarkka selvittely olisi käynyt mahdottomaksi. Kun siis puu oli ajoissa kaadettu, voitiin kaivuuta sen tyvellä taas jatkaa, kunnes koko juurakko[1] oli irti. Tämä työ oli usein varsin hidasta. Kun nim. juuristo koetettiin saada säilymään mahdollisimman eheänä, oli lapion käyttö rajoitettua, monien juurten lomiin kun oli vaikea saada pienintä-

[1] Sanalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa kantoon liittyvää lähintä, etupäässä vertikaalista juuristoa. Sitä ei ole siis otettu kasvitieteellisessä merkityksessä.

kään työasetta sopimaan. Juuriston ulottuessa syvälle oli lisäksi suoranainen lapiotyökin melkoinen. Kuoppa oli näet tehtävä vähintäin niin suureksi, että sinne kaivaja mahtui asettaan käyttämään, ja toisinaan oli se seinien sortumisen vuoksi ja varalta tehtävä paljon suuremmaksi. Tämä kuopan sortuminen, jota sattui vain hiekkamailla, olikin ainoa vaikeus sanotun maalajin kaivuussa. — Kun juurakko oli saatu irti, nostettiin tai väännettiin se kangilla ylös kuopastaan, kun ensin vaakasuorat juuret oli katkottu noin parin metrin päästä tyvestä ja tarpeelliset mittaukset tehty. Maanpinnalle nostettuna kuvattiin sitten tyveen liityvä lähin juuristo, kuten seuraavassa kerrotaan. Vertikaalisten juurten kaivuuta esiintyi kyllä muuallakin kuin puun tyven läheisyydessä. Tällaiset hajallaan tavattavat syväjuuret kaivettiin mieluimmin vasta sen jälkeen kuin vaakasuora juuristo oli selvitetty.

Mitä edellä on kerrottu juuristojen esille kaivamisesta, koskee etupäässä jonkin verran varttuneita puuyksilöjä.

Vielä on lisättävä, että kaikkien tutkittujen puiden juuristoa ei kaivettu kokonaisuudessaan. Varsinkin isojen puiden suhteen on ajan säästämiseksi ollut näin meneteltävä. Samasta syystä tutkittiin joukko tuulenkaatoja, jotka puhdistettiin huolellisesti maasta ja väännettiin (runko oli jo ennen irroitettu) kangilla nurin sekä sijoitettiin sopivaan asentoon valokuvattaviksi.

Juuriston kuvaaminen.

Tutkimusesineen tai -esineiden kuvaaminen sopivalla tavalla lienee harvassa tutkimustyössä niin tärkeällä sijalla kuin juuristoja selviteltäessä. Esimerkiksi yksityinen puu tai metsikkö voidaan muutamien lukujen avulla karakterisoida niin tarkoin, että ainakin metsänhoitomies saa asiasta selvän käsityksen. Ja jos lukuihin lisää vielä muutaman sattuvan sanan, tulee käsitys yhä selvemmäksi. Samoin on laita usean muun tunnetun ja näkyvissä olevan tutkimusobjektin. Niiden suhteen on usein luvuilla ilmaistu ja sanallinen esitys tärkeämpi kuin kuvallinen. Puun juuriston laita on toinen. Se on tavallisesti katseilta peitossa, ja ammattimiestenkin käsitys siitä on enemmän tai vähemmän hämärä. Jonkin verran valaisee tällöinkin asiaa tietysti sanallinen, lukujen avustama esitys. Mutta täysin selkeän käsityksen juuristosta voi saada vasta kuvan välityksellä. Tämän ovat useimmat juuriston tutkijat oivaltaneetkin, ja enimmissä heidän julkaisuissaan on ainakin jonkin verran kuvallisia esi-

tyksiä. Sen sijaan eivät ne läheskään aina ole niin valaisevia kuin voisi olettaa.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on juuristojen kuvaamiseen kiinnitetty melkoista huomiota. On koetettu löytää ne kuvaamistavat, joiden avulla juuriston eri osat saadaan paraiten esille. Varsin pian nim. huomattiin, että yksi kuva ei voi tyydyttävästi esittää koko juuristoa, lukuun ottamatta aivan pieniä taimia. Asianhaarain mukaan käytettiin näin ollen juuriston kuvaamiseen kartoittamista, piirtämistä ja valokuvausta.

Kartoittaminen huomattiin pintamyötäisen juuriston sopivimmaksi kuvaamistavaksi. Piirrettiin siis pienennetty kuva vaakasuorasta juuristosta ylhäältä päin katsottuna. Kartassa tulevat siis juuret näkymään vaakasuoraan tasoon projisioituina. Tämän kuvaamistavan onnistunut soveltaminen puheena olevaan tarkoitukseen edellyttää, että tosiaankin melkoinen osa juurista kulkee horisontaalisesti. Että näin on asianlaita sekä mäntyyn että kuuseen ja koivuun nähden, tulee tuonnempana selviämään. Kartoittamista varten jaettiin juuriston käsittämä ala, tavallisesti jonkin verran suurempikin, neliömäisiin ruutuihin, joko yhden tai neljän m^2:n suuruisiin, juuriston tiheydestä riippuen. Ruudut merkittiin kulmiin pistetyillä päreillä, jotka asetettiin paikoilleen vasta sen jälkeen kuin suurin osa pintajuuristoa oli esillä, ja jolloin siis vasta kartoittaminen voitiin alkaa. Parissa tapauksessa toimitettiin kartoittaminen vain ilmansuuntien ja mittanauhan avulla. Tällöin merkittiin kahdeksan ilmansuuntaa pienillä paaluilla, jotka lyötiin maahan määrätyn matkan päähän puun tyvestä.

Kartta piirrettiin millimetripaperille, useimmiten mittakaavaan 1: 50, mutta myös suhdetta 1: 100 ja 1: 20 käytettiin. Yleensä ei osoittautunut mahdolliseksi ottaa huomioon juurten paksuutta, vaan ovat siis kaikki juuret merkityt karttaan saman vahvuisella viivalla. Ainoastaan yhdessä tapauksessa, jolloin oli kyseessä suurimpaan mittakaavaan piirretty kartta, on juurten vahvuus jossain määrin otettu huomioon. Kahden juuren leikkauskohta on yleensä merkitty siten, että alta kulkevaa esittävä viiva on katkaistu. Vertikaaliset juuret on tavallisesti merkitty pienellä kiemuraviivalla ja katkenneet juuret niitä esittävien viivojen päähän piirretyllä lyhyellä poikkijanalla. Eräisiin karttoihin merkittiin kuolleet juuren kärjet pienellä ristillä.

Täydentämään karttaa on usein piirretty horisontaalisen juuriston keskiosasta tarkempi kuva käyttäen mittakaavaa 1: 10 ja ottaen huomioon myös juurten vahvuudet. Tämä erikoiskartta käsitti ympyrän muotoisen alan, jonka säde useimmiten oli metrin toisinaan 1.5 m:n mittai-

nen ja keskipisteenä kannon keskus. Tällaisen keskusympyrän piirtäminen tyveä ympäröivästä lähimmästä juuriverkosta oli tarpeen ensinnäkin siksi, että tavallisen kartan mittakaavaan (1: 100 tai 1: 50) oli ainakin luonnossa hyvin vaikea saada tiheää keskusjuuristoa tarkasti piirretyksi. Usein jäikin tämä osa kartalla ylimalkaiseksi ja täydennettiin kotona keskusympyrän mukaan. Toinen syy on siinä, että tuntui tarpeelliselta saada enemmän todellisuutta vastaava kuva siitä osasta juuristoa, jossa nimenomaan paksuuserot ovat huomattavimmat. Kartta ja keskusympyrä siis täydentävät toisiaan horisontaalisen juuriston kuvaamisessa. Niin luonnostaan lankeavaa kuin pintamyötäisen juuriston kuvaaminen kartoittamalla onkin, eivät sitä aikaisemmista juuristojen tutkijoista ole käyttäneet muut kuin CANNON ja TOLSKI parissa myöhäisimmässä julkaisussaan. Edellinen on täten kuvannut Arizonan monivuotisten kuivakkokasvien, jälkimmäinen kaakkois-Venäjän männyn juuristoja. Kummankin mainitun tutkijan julkaisut joutuivat allekirjoittaneen käsiin vasta sen jälkeen kuin edellä esitetty kartoitustapa oli pitkän aikaa ollut käytännössä.

Tilaisuuden sattuessa on horisontaalista juuristoa myös valokuvattu, jolloin kuitenkin vain osa jonkin puun juuristoa on voitu saada näkyviin. Jotta saataisiin suurempi ala esille, on pari kuvaa otettu puusta muutaman metrin korkeudelta. Eräissä tapauksissa on juuret päältäpäin kuorittu tai liiduttu, jotta ne paremmin erottuisivat maanpintaa vastaan. Puutteellisuuksineenkin ovat tällaiset valokuvat omiaan selventämään karttojen antamaa, aina jossain määrin kaavamaiseksi jäävää kuvaa. — Horisontaalista juuristoa esittävät valokuvat ovat kirjallisuudessa verraten harvinaisia. Mainitsemista ansaitsevat CANNONin erittäin kauniit, joskin pienialaiset valokuvat.

Vertikaalisen juuriston esittämiseen on valokuvausta käytetty runsaasti. Usein onkin monihaaraisesta ja sekavasta juurakosta vaikea saada selvää kuvaa muuta kuvaamistapaa käyttämällä. Kuitenkin on huomattava, että selvästi erottuva tausta on ehdottomasti tarpeen. Moni kirjallisuudessa esiintyvä muutoin hyvä juuristokuva on sopivan taustan puutteessa jäänyt tarkoitustaan vastaamattomaksi. Valkeaa kangasta vasten näkyvät juuret teräväpiirteisinä. Tällaista onkin käytetty useimpien juuristokuvien taustana käsillä olevassa tutkimuksessa. Usein esiintyvä vika on mittakaavan puute, joka vaikeuttaa käsityksen saamista kyseellisestä juuristosta; vieläpä CANNONin ja TOLSKIn juurikarttojakin haittaa tämä vika.

Valokuvaus on muuten se kuvaamistapa, jota juuritutkimuksissa ehkä

yleisimmin on käytetty. Varsinkin vertikaalisessa tasossa otettuja kuvia näkee paljon. Pystysuora juuristo tulee kyllä täten melko hyvin näkyviin, mutta ei horisontaalinen. Sellaisten kasvien juuristoa esittämään, joilla pystysuora juuristo on pääasiana, soveltuu siis puheena oleva valokuvaustapa hyvin. Sen sijaan on se vähemmän paikallaan, milloin horisontaalinen juuristo on mitoiltaan ja vaikutukseltaan huomattava.

Paitsi valokuvaamista on käsillä olevassa tutkimuksessa käytetty myös piirtämistä vertikaalisen juuriston esittämiseen. Eräissä tapauksissa voi tulos olla jopa parempi kuin valokuva. Piirtäjä nimittäin joutuu pakostakin jonkin verran stilisoimaan esitystään, kun taas valokuvassa pikkuseikat voivat vaikeuttaa pääasian näkemistä.

Piirtämistäkin ovat eri tutkijat melko runsaasti käyttäneet juuristoja kuvatessaan, ja nimenomaan juuri pystysuorassa tasossa tehtyjä piirroksia. Näiden suhteen on sanottava samaa kuin edellä vertikaalivalokuvista. Esimerkiksi männyn juuristosta ei tuollainen kuva yksin pysty antamaan oikeaa käsitystä. Tässä yhteydessä viitattakoon vielä erääseen kuvaamistapaan, jota voisi nimittää vertikaaliseksi kartoittamiseksi. Sitä on käyttänyt varsinkin WEAVER pääasiassa Pohjois-Amerikan preeriakasveja kuvatessaan. Menetelmä olisi tuskin sopiva puukasvien juuristoja tutkittaessa. Tasainen profiilileikkaus, jollaista menetelmä edellyttää, voitaisiin tietysti suurella vaivalla saada aikaan. Mutta yksityisen puun juuristo rikkoontuisi pahoin, eikä siitä siis saataisi oikeaa käsitystä. Lisäksi olisi mahdoton sanoa, mitkä leikkauksessa esiintyvät juuret kuuluvat samaan puuhun. Täten voitaisiin saada vain jonkinlainen läpileikkaus juuriston leviämisestä metsikössä, mutta yksityisen puun juuriston selvittämistä ei tällainen kuvaamistapa suurestikaan edistäisi.

Aivan pienet taimet on puristettu painon alla, kuten herbaariokasvit, jolloin juuret on koetettu saada luonnolliseen asentoonsa. Pisimmät vaakasuorat juuret on tällöin kuitenkin täytynyt kääntää mutkalle. Valkealle paperille kiinnitettynä on taimet sitten valokuvattu kokonaisuudessaan.

Juuristoa koskevat mittaukset.

Huolimatta siitä, että juuriston kuvaamista käsillä olevan tutkimuksen kannalta on pidettävä erittäin tärkeänä, on luonnollisesti suoritettavilla mittauksillakin suuri merkitys. Sisältyyhän kyllä jo eräisiin kuvaamismuotoihin, kuten kartoitukseen, suoranaista mittausta. Mutta mahdotonta on kuvaamalla saada esille kaikkia juuriston suhteita, jotka ansait-

sevat ehdotonta huomiota. Niinpä on siis mittaaminen välttämätöntä, ja erittäinkin on tällöin koetettava saada esille ne seikat, joita ei kartoittamalla, piirtämällä tai valokuvaamalla voitu selvittää. — Ansaitsee mainita, että monestikin puheen ollessa puiden juuristoista vältetään mittojen esittämistä tai tehdään se hyvin ylimalkaisesti. Tämä tietysti johtuu osittain siitä, ettei mittoja tunneta, mutta osaksi siitäkin, ettei ole pidetty tarpeellisena tehdä mittauksia, vaikka juuristoja on kaivettu esiin ja tutkittu.

Jotta otetut mitat saataisiin järjestelmällisesti muistiin merkityksi, numeroitiin juuret sekä kartalla että luonnossa. Puun tyvestä lähtevät horisontaaliset pääjuuret merkittiin arabialaisilla numeroilla. Näistä lähtevät sivujuuret saivat lisäksi kirjainmerkin. Esimerkiksi juuren n:o 8 sivujuuret tyvestä päin lukien olivat 8 a, 8 b, 8 c j.n.e. Jos toisen asteen juuresta, esim. 8b:stä, edelleen lähti sivujuuria, merkittiin ne taas numeroilla, siis tyvestä lähtien 8 b 1, 8 b 2 j.n.e. Näiden sivujuuret saivat taas kirjaimen lisämerkiksi, siis esim. 8 b 2 a, 8 b 2 b, 8 b 2 c j.n.e. Samaa järjestelmää jatkettiin edelleen, jos tarve vaati.

Ne seikat, joihin mittaus etupäässä kohdistui, olivat juurten paksuus ja syvyys maanpinnasta lukien. Kun nämä mitat otettiin säännöllisin välimatkoin juuren tyvestä kärkeen, tuli myös pituus määrätyksi. Mittauskohtien välimatkana pidettiin yleensä 2 metriä. Pienempi välimatka olisi ehkä ollut suotava, mutta katsoen kaivuutyön paljouteen ja hitauteen, koetettiin tulla toimeen mahdollisimman vähillä mittauksilla. Pienehköjen puiden suhteen sovellettiin kuitenkin 1 metrin välimatkaa. Lisäksi on huomattava, että ensimmäiset mittaukset tehtiin säännöllisesti, milloin oli pääjuuri kyseessä, tyvestä, $^1/_2$ metrin ja 1 metrin päästä, ja sitten vasta 3 metrin, 5 metrin j.n.e. kohdilta. Syynä juuren tyvipään tarkempaan mittaamiseen oli etenkin tämän osan poikkeava muoto sekä suuri merkitys kuutiomäärään nähden. Pääjuurten tyvestä ja $^1/_2$ metrin kohdalta merkittiin muistiin sekä pystysuora että vaakasuora läpimitta, samoin 1 metrin kohdalta ja etäämpääkin, mikäli eroa oli huomattavissa. Paksuuden mittaamiseen käytettiin kaulainta, enimmäkseen rautakaulainta, jossa oli millimetrijaoitus. Pienimmät mitat, joissa kaulain ei enää ollut tarkka, otettiin tavallisella kokoon käännettävällä metrimitalla. Kaikki paksuusmitat merkittiin millimetrin tarkkuudella.

Välimatkat mittakohdasta toiseen mitattiin äsken mainitulla metrimitalla, jota myös käytettiin juurten syvyyden määräämiseen. Syvyys mitattiin aina juuren päältä ylimmän maakerroksen, tavallisesti humuksen yläpintaan, ja merkittiin muistiin $^1/_2$ senttimetrin tarkkuudella. Vai-

keuksia tuotti syvyyden määrääminen varsinkin lähellä puun tyveä, mistä maan pintakerros yleensä tuli kokonaan poistetuksi. Tämän vuoksi oli maanpinnan taso merkittävä tutkittavan puun kaarnaan jo ennen kaivuun alkamista. Sen lisäksi lyötiin maahan noin metrin tai puolentoista päähän puun tyvestä, sen eri puolille useita paaluja, joihin niin ikään merkittiin maanpinnan taso. Nämä paalut pyrittiin kaivuun kestäessä mikäli suinkin mahdollista säilyttämään koskemattomina. Niiden ja kaarnaan tehdyn merkin avulla saatiin syvyys useimmassa tapauksessa määrätyksi. Ja ellei mitta aina tullutkaan aivan tarkka, saatiin kuitenkin eri juurten välinen syvyysero varmasti huomioon otetuksi.

Ensinnä toimitettiin yleensä lähinnä pintaa kulkevien juurten mittaus, mikä tällöin olikin helppoa, maanpinta kun ei silloin vielä ollut vallan pahasti pöyhittyä. Myöhemmin kaivettujen juurten syvyyden mittaaminen oli vaikeampaa, mutta apuna olivat tällöin ennen mitattujen juurten asema, edellä mainitut paalut ja siellä täällä eheänä säilynyt maanpinta. — Paljon vaikeampaa kuin kankailla oli juurten syvyyden määrääminen suomailla. Täällä piti nimittäin turvetta poistaa niin laajalti yhdenkin juuren tähden, ettei eheää maanpintaa vähän aikaa kaivettua enää ollut missään näkyvissä. Syvyysmittaukset turvemailla jäivätkin ylimalkaisemmiksi; niitä ei voitu säännöllisin välimatkoin toimittaa.

Vertikaalisen juuriston suhteen tehtiin samanlaisia mittauksia kuin pintamyötäisenkin. Tärkeänä pidettiin etenkin syvyysmittauksia. Juuriston sekavuus ja monihaaraisuus teki usein vaikeaksi paksuuden säännöllisen määräämisen. Kun kuitenkin tyven lähellä oleva pystysuora juuristo valokuvauksen avulla saatiin kuvatuksi, ei yksityiskohtiin meneviä mittauksia tässä kohti pidetty ehdottoman tarpeellisina.

Yleiset muistiinpanot.

Mainittakoon aluksi, että mittausten ohella tehtiin myös muita juuristoa koskevia merkintöjä, kuten juurten päättymisestä, haaromisesta, mutkittelusta, kasvutavasta, vioittumisesta, yhteenkasvettumista, erikoisista muodostumista j.n.e.

Muista tutkimusaloilla tehdyistä muistiinpanoista ansaitsevat ensinnä huomiota käsittelyn alaisen puun maanpäällistä osaa koskevat. On luonnostaan lankeavaa, että juuriston kehitys on mitä kiinteimmässä suhteessa rungon ja latvuksen muodostumiseen. Juuristoa koskevilla tarkoillakaan tiedoilla ei näin ollen ole suurta merkitystä, ellei ole tunnet-

tua, minkälaiseen puuhun kyseessä oleva juuristo kuuluu. Tätä ei aina ole otettu kyllin huomioon puiden juuristoa käsittelevissä julkaisuissa. Niinpä Tolskin ensimmäisissä juuritutkimuksissa ei aina ole ilmoitettuna yhtäkään diametriä niistä puista, joiden juuristoa selvitellään.

Milloin suinkin on ollut mahdollista, on käsillä olevan työn aikana tutkittavan puun maanpäällisestäkin osasta otettu tarkat mitat. Yleensä on ne sovitettu siten, että puun kuutioiminen niiden nojalla on helppoa. Puun koosta riippuen on mittojen välimatka ollut 2 metriä, 1 metri, jopa lyhyempikin. Aina on tietenkin merkitty muistiin puun pituus, samoin rinnankorkeusläpimitta (1.3 m:n diametri). Ikä otettiin selville lukemalla lustot kantoleikkauksesta. Saatu lustoluku on ainakin männyn suhteen lähellä todellista ikää, sillä puut sahattiin poikki aivan juurenniskan yläpuolelta. Latvuksesta merkittiin muistiin sen alkamiskohta, jonka lisäksi useimmiten piirrettiin projektio. Puun kasvuisuutta kuvaamaan mitattiin 10 viime vuoden kasvainten pituudet. Edelleen tehtiin puun yleistä tilaa ja asemaa metsikössä koskevat muistiinpanot.

Kaikilla koealoilla pantiin merkille myös tutkittavan ympärillä olevien puiden sijoitus. Useimmiten kartoitettiin koko juuriston piirissä olevien puiden asema, monesti otettiin mukaan jonkin verran laajempikin ala. Karttaan merkittiin eri puulajit 5 senttimetrin läpimitta-astein (rinnankorkeusdiametri), joillakin koealoilla lisäksi kaikkien puiden latvusprojektiot. Viimeksi mainittu työ, nim. latvusten merkitseminen, vei kuitenkin siksi paljon aikaa, että se myöhemmillä koealoilla oli jätettävä tekemättä.

Paitsi puiden koon ja aseman määräämistä tehtiin muitakin metsikköä koskevia havaintoja. Niinpä merkittiin muistiin huomioita puiden kasvuisuudesta, vartevuudesta y.m., arvioitiin keskipituus, kuutiomäärä j. n. e.

Verrattoman tärkeää on, että tutkimusalat ovat kasvuisuuteen nähden toisiinsa verrattavissa. Luotettavaksi metsämaan hyvyyden mitaksi ovat osoittautuneet Cajanderin metsätyypit. Sen ovat paitsi Cajanderia itseään sitovasti näyttäneet toteen useat suomalaiset tiedemiehet, ja suurin osa metsätiedettämme perustuu metsätyyppeihin sikäli, että metsämaiden hyvyysluokittelu on toimitettu niiden nojalla. Täydellä syyllä siis bonitoiminen tämänkin tutkimuksen yhteydessä on toimitettu metsätyyppien avulla. Koska tyyppi määrätään etupäässä pintakasvillisuuden mukaan, oli kasvillisuusluettelon laatiminen koealoilla tärkeä toimi. Kasvien esiintymisrunsaus merkittiin Norrlinin asteikkoa käyttäen. Paitsi aivan juuriston alueella olevia kasveja otettiin huomioon myös jonkin verran laajemmalla alalla esiintyvät.

Oli odotettavissa, että juuriston kehittymiseen huomattavalta osalta vaikuttaa maaperän laatu. Sen vuoksi tehtiin maaperästä kullakin tutkimusalalla selostus. Tämä ei yleensä tuottanutkaan vaikeuksia, sillä vertikaalisen juuriston kaivuukuopasta saatiin yleensä hyvä läpileikkaus. Jos samalla koealalla oli useita kaivuukuoppia, tehtiin niistä eri selostukset, jos eroa maakerrostumissa oli havaittavissa. Maan pintakerroksista tehtiin merkintä useassa kohti koealalla toimitettujen mittausten mukaisesti. Jos näyttäytyi, että maaperässä oli koealan piirissä eroavaisuuksia, tehtiin tästäkin muistiinpano. Lukuisia näytteitä otettiin eri koealoilta maan laadun tarkempaa selvittelyä varten.

Maan pinnanmuodostus ja kaltevuussuhteet merkittiin luonnollisesti muistiin, samoin korkeusero lähellä mahdollisesti olevasta veden tai suon pinnasta. Milloin pohjaveden taso kaivauksissa saavutettiin, todettiin sen syvyys mahdollisimman tarkoin mittauksin.

Kaivuutyön tarkkuus.

Ennen kuin käydään esittelemään tutkimusaineistoa, on lyhyesti puhuttava kaivuutyön tarkkuudesta, koska siitä osittain riippuu, mikä merkitys aineistolle saatetaan antaa.

Yleensä voidaan sanoa, että juuristo koetettiin saada esille ja niin ikään kuvatuksi niin luonnollisena ja niin täydellisenä kuin mahdollista. Ettei absoluuttiseen tarkkuuteen ole päästy, on selvää. Kaikkia juuria ei ole parhaasta tahdosta huolimatta onnistuttu seuraamaan loppuun asti, ja hienoja sivuhaaroja on pakostakin jäänyt pois. Kuitenkin on verraten harvoin sattunut, että niin vahva kuin 1 cm:n paksuinen juuri on katkennut sillä tavoin, ettei sen jatkoa ole löytynyt. Tällaiset ja paljoa vähemmänkin huomattavat katkeamiset on karttaan merkitty vetämällä pieni poikkiviiva juuren päähän. — Toisinaan menee kaivettava juuri ison puun juurakon tai suuren kiven alle. Jos juuren vahvuus tällöin on esim. alle 1 cm:n, maksaa tuskin vaivaa yrittää kiven vääntämistä tai juurakon poistamista, sillä tässä työssä on melkeinpä mahdotonta menetellä niin varovasti, että voisi olla varma hoikan juuren säilymisestä. Milloin kumminkin onnistuminen on näyttänyt todenmukaiselta, on esteet poistettu.

Edellä on jo mainittu, että kaivuu kivikkomaalla on vaikeampaa kuin hiekkamaalla. Voi näin ollen olla mahdollista, että hyvin kiviseltä maalta kaivetun juuriston kuva ei ole aivan yhtä tarkka kuin muunlaisella, hel-

pommalla maalla tutkitun. Näin lienee laita parin ensimmäisen moreenikoealan. Missään tapauksessa ei ero kuitenkaan ole suuri, sillä peläten juuri mainittua erotusta on kaivuu kivikkomaalla tehty erikoisella huolella, ja mikäli kokemus lisääntyi, väheni juurten rikkoutumisen vaara.

Pienimpiä juurten mutkia ei ole voitu saada kartalla näkyviin, sillä niiden tarkka mukailu olisi vienyt suhteettoman paljon aikaa. Juuristo näyttää siis kartalla hiukan siloisemmalta kuin luonnossa. Ehkä myös suuret kartoitusruudut aiheuttavat hieman enemmän kaavioitumista kuin pienet.

Työn tarkkuuteen vaikuttaa luonnollisesti myös käytettyjen apurien kunto. Mainittakoon ensin, että itse olen ottanut runsain määrin osaa kaivuutyöhön, osaksi saadakseni työn sujumaan toivotulla tavalla, osaksi perehtyäkseni työmenetelmiin. Apulaisina on ollut sopivia, koulusivistystä omaavia henkilöitä, varsinkin milloin en itse ole voinut työssä yhtäjaksoisesti olla mukana, muulloin taas taitavia ja luotettavia työmiehiä. Tutkimukset kahdella määräämälläni koealalla on tarkkojen kirjallisten ohjeitten mukaan suorittanut kolme metsänhoidon ylioppilasta. — Nähtävästikään ei siis työn tarkkuus ole apumiesten takia kärsinyt.

Kahden koealan suhteen on mainittava, että kaivuu tarkoituksellisesti toimitettiin tavallista karkeammin ja pyrittiin saamaan esille vain tärkeimmät juuret.

Tutkimusaineisto.

Seuraavassa esitetään tutkimusalat siinä järjestyksessä kuin ne luonnossa ovat olleet käsittelyn alaisina. Tällöin tulevat kyllä saman metsätyypin koealat hajalleen, mutta sen sijaan muodostavat pohjoisen ja eteläisen ryhmän tutkimusalat yhtäjaksoisen esityksen. Edelliseen kuuluvat koealat I—XVII, jälkimmäiseen, siis eteläiseen koealat XVIII—XXXIII. Pohjoisen ryhmän koealoista sijaitsee koeala I Säyneisen pitäjässä, koealat II—X Rautavaaran pitäjässä ja koealat XI—XVII Pielisjärvellä. Eteläisistä koealoista ovat useimmat Orivedeltä nim. koealat XVIII—XXIII ja XXVII—XXXII. Hämeenkyröstä ovat koealat XXIV—XXVI ja Teiskosta, läheltä Oriveden rajaa koeala XXXIII.

KOEALA I.

Paikka: Koeala sijaitsee Säyneisen pitäjässä, Kymi yhtiön omistamalla maalla, Valkeislammin kankaalla. Sinne on Saksalan majatalosta matkaa koilliseen suuntaan n. 2 km. Läheinen Valkeislampi on pari sataa metriä koealasta länteen. Kaivuuaika: Elokuu v. 1922.

Metsikkö: Verraten hyväkasvuinen, melko tiheä männyn taimisto. Ikä n. 25 vuotta. Puiden pituus vaihtelee 1—3 m:iin. Myös pienempiä taimia siellä täällä. Puukarttaa ei tehty. Juurikarttaan merkittiin lähinnä juuria olevien puiden asema.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavina esiintyvät kanerva ja jäkälät.

Metsätyyppi: Kanervatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humuskerroksen paksuus 2—4 cm, sitten valkohiekkaa 4—8 cm. Sen alla punaisen ruskeaa hiekkaa 20—30 cm, joukossa harvakseen pieniä kiviä. Ruskohiekassa voi paikoin huomata anturamaista muodostumaa. Enimmäkseen ovat kokkareet käsin murennettavia. Pohjamaana ruskean kerroksen alla on vaaleaa hiekkaa, joka on paljon hienompaa kuin ylempänä olevat. Se ulottuu samanlaisena ainakin 1 metrin syvyyteen.

Valkeislammin kangas kuuluu Alaluostan harjujonon eteläpään muodostumiin, kuten m.m. selviää FROSTERUKSEN ja WILKMANin julkaisemasta Joensuun seudun maalajikartan selityksestä. Harju esiintyy näillä tienoin, niinkuin sanotaan mainitussa julkaisussakin mäkisinä hiekkakenttinä, »joissa on SSW—NNE suuntaisia kuoppia ja kumpuja». Koealan kohdalla viettää maa loivasti länteen Valkeislammille päin, jonka veden pinta on muutamia metrejä koealan kohtaa alempana.

Juuristojen selvittely: Kun koeala oli ensimmäinen ja menetelmät siis vielä kehittymättömiä, ei juuriston selvitys esim. mittausten kannalta ole täysin verrattavissa myöhempiin. — Tarkoin tutkittiin juuriston puolesta yksi mänty. Sen pintajuuristo (horisontaalista juuristoa nimitetään tässä tutkimuksessa myös pintajuuristoksi) kartoitettiin ilmansuuntien ja pituusmittausten avulla.

Koepuu n:o 1, mänty, vapaasti kehittynyt, verraten hyväkasvuinen valtapuu. Seuraavassa muita tietoja siitä.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
I,1 Mänty *Pine*	25	2.82	2.7	17.1	0.00180

Lähimmät naapurit olivat n. 1.5 m:n etäisyydellä koepuusta.

Juurten pituudet merkittiin muistiin, samoin paksuudet (sekä horisontaalinen että vertikaalinen diametri) ja syvyydet mitattuna 5 cm:n päässä tyvestä. Paalujuuren vahvuudesta eri syvyyksiltä tehtiin niin ikään merkintöjä. Mutta muita mittauksia pitkin juurten pituutta eri toimitettu.

Seuraavasta selviävät 12 pääpintajuuren vahvuus- ja syvyysmitat 5 cm tyvestä sekä pituudet.

Koepuu I,1. *Sample tree I,1.*

Juuren mitat *Measurements of root* / Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Diam. 5 cm tyvestä, mm *Diam. at 5 cm from the base, mm*	horis. *horiz.*	12	8	12	8	9	8	7	5	11	4	11	13
	vertik. *vertic.*	15	6	17	11	11	8	7	6	13	4	11	13
Pituus, m *Length, m*		5.0	4.5	4.5	4.0	6.5	8.0	6.5	5.0	7.5	3.0	6.5	4.0
Syvyys 5 cm tyvestä, cm *Depth at 5 cm from the base, cm*		9.5	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0	21.0	19.0

Pintajuurten pituuksien summa, sivujuuret mukaan luettuna tekee 79 m. Niiden yleinen syvyystaso vaihtelee 5—10 cm:iin. Nekin juuret, n:ot 11 ja 12, jotka aluksi olivat muita syvemmällä, saavuttivat jo 35 ja 50 cm:n päässä tyvestä muiden tason. Pintajuuriston laajuus on 60 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 1.3 m juurta.

Paalujuuri, joka 10 cm:n syvyydellä oli 34 mm vahva ja 20 cm:n syvyydellä vielä 30 mm, kapeni nopeasti sen jälkeen kuin alimmat pintajuuret olivat siitä lähteneet. Niinpä se katkeamiskohdassaan, 40 cm maanpinnasta, oli enää 1.5 mm:n vahvuinen.

Pari muutakin syväjuurta (vertikaalisia juuria nimitetään tässä tutkimuksessa myös syväjuuriksi) tavattiin. Ne lähtivät kumpikin n. 1 $^1/_2$ m:n etäisyydellä puusta pintajuurien vertikaalisina haaroina. Siinä kohdassa, missä toinen näistä juurista sai alkunsa, oli aivan pehmennyt, maan tasalle lahonnut kanto. Sen paalujuuren uomaa myöten kasvoi puheena oleva juuri hiukan mutkitellen, mutta kuitenkin ohjautuen melkein kohtisuoraan alaspäin. Saavutettuaan 1 m:n syvyyden, johon asti lahon puun osia oli havaittavissa, alkoi juuri haaroittua ja kääntyi vaakasuoraan. Tällöin oli se jo hyvin ohut, eikä sitä pitemmälle seurattu. Mainittakoon, että myös kanervan juuria tunkeutui samaa uomaa n. 1 m:n syvyyteen. — Toinen puheena olevista syväjuurista lähti myös lahon kannon kohdalta, jonka tervainen keskiosa vielä oli kova. Kun tämä kannon kiinteä osa kiskaistiin ylös, syntyi 70 cm:n syvyinen, käsivarren vahvuinen uoma, jonka pohjaan asti juuri ainakin ylti. Pitemmälle sitä ei selvitetty.

Paitsi edellä selostettua puuta tutkittiin vielä paria lähellä olevaa yksilöä. Juurten kaivuu jäi kuitenkin kesken. Siitä huolimatta voitiin todeta niiden juuristo pääpiirteiltään samanlaiseksi kuin vasta kuvatun.

KOEALA II.

P a i k k a: Koeala sijaitsee Rautavaaran pitäjässä, Alaluostan valtionpuistossa, Kirjosuon kankaalla. Hankamäen majatalosta on sinne linnun tietä n. 2 $^1/_2$ km:n matka.
K a i v u u a i k a: Kesäkuu ja syyskuu v. 1923.

M e t s i k k ö: N. 40-vuotinen männikkö. Puut osin yksittäin, mutta enimmäkseen ryhmissä, verraten rehevän näköisiä, oksaisia. Keskipituus 4—8 m, keskiläpimitta rinnankorkeudelta 8—10 cm, kuutio ha:a kohti arviolta 20 m³. Siellä täällä vanhoja ylispuita. Yksittäin heikkoja koivun ja pajun vesoja. — Puukartta on tehty.

K a s v i p e i t e: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavina kasveina kanerva ja jäkälät. Ruohot ja heinät puuttuvat tyyten.

M e t s ä t y y p p i: Kanervatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o: Maaperästä on tehty muistiinpanoja kolmen kaivuukuopan mukaan. — Koepuun n:o 2 kohdalla todettiin seuraavat kerrostumat: 1) humusta 1.5 cm, 2) valkohiekkaa 3 cm, 3) hienoa ruskeaa hiekkaa 20 cm (ylemmät 10 cm tummempaa), 4) kiinteähkö kellertävä sorakerros 20 cm (sen alempi osa karkeampaa, kivien läpimitta 2—5 cm), 5) punertavaa karkeaa hiekkaa 20—30 cm (jyvästen läpimitta 0.25—2 mm), 6) hienoa kivetöntä vaaleaa hiekkaa 40 cm, 7) karkea kivinen sora. — Koepuun n:o 7 kohdalla oli profiili seuraava: 1) humus 1.5—2 cm, 2) valko-

hiekka 2—4 cm, 3) ruskea hiekka 10—20 cm (vähitellen vaaleneva), 4) karkeahko punertava hiekka 40—60 cm (joukossa on pieniä kiviä, läpimitaltaan 0.5—2 cm), 5) hieno vaalea hiekka 30—60 cm, 6) kova kivinen sora, jossa kiviä hyvin tiheässä, pääasiassa nyrkin kokoisia, mutta joukossa 10—20 cm:n läpimittaisiakin. Välinen hiekka samanlaista kuin ylempi karkeahko punertava. — Kolmas profiili tutkittiin erään kaukana emäpuustaan (koepuu n:o 7) olevan syväjuuren kaivuukuopasta, joka sijaitsi lähellä kankaaseen pistävää rämelahdeketta. Seuraavat kerrokset mitattiin: 1) humus 1.5 cm, 2) valkohiekka 3—5 cm, 3) ruskea hiekka 10—15 cm, 4) vaalea, hieno, melkein kivetön hiekka 50—65 cm, 5) kivinen karkea sora. — Kerrostumain vahvuus on yleensä verraten vaihteleva niin, että jo 1.5 m:n laajuisen kuopan vastakkaisten seinien profiileissa voi olla melkoisia eroja. — Kivet olivat kulmiltaan pyöristyneitä.

Kirjosuon kangas on Alaluostan harjujonon pohjoisimpia osia ja liittyy niihin särkkiin ja kumpuihin, joita harjujono Luostanjoen pohjoispuolella muodostaa. Verrattakoon FROSTERUKSEN ja WILKMANin edellisen koealan yhteydessä mainittua julkaisua. Kankaan pituussuunta on NNW—SSE. Lounaaseen päin laskee se Kirjosuon rämettä, koilliseen Itäpuron korpea kohti. Kankaalla on monenlaisia epäsäännöllisiä kumpumaisia muodostumia, joskin kokonaisuutena katsoen voidaan erottaa loiva, pituussuuntainen harjanne. Koeala II sijaitsee kankaan pohjoispäässä Kirjosuosta pistävän lahdekkeen vierellä. Maa on tällä kohtaa tasaista, ellei oteta lukuun loivaa laskeutumista etelään ja suon reunalla länteen. — Pohjavesi tavattiin koepuun n:o 2 kohdalla 173 cm:n syvyydellä, koepuun n:o 7 kaivuukuopassa oli se 190 cm maanpinnan alapuolella. Kumpikin mittaus tehtiin syyskuussa.

J u u r i s t o j e n   s e l v i t t e l y: Kaikkiaan tutkittiin 11:n männyn juuristoa; näistä eräät käsiteltiin vain osittain. Pintajuuristoja kartoitettaessa jaettiin maa 4 m²:n suuruisiin ruutuihin.

K o e p u u   n : o   1, mänty, yksin kasvava valtapuu, mutta latvus harvahko ja kalpean näköinen. Latvasilmu kuollut. Seuraavassa eräitä muita tietoja koepuusta.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
II,1 Mänty *Pine*	41	7.00	1.40	9.0	33.4	0.0236

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan. Horisontaalinen juuristo nähdään kartalla n:o 1, jossa lisäksi ovat kuvattuna kolmen muun koepuun juuristot. Vielä piirrettiin keskusympyrä ja kuva juurakosta.

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin 24 pintajuurta, niistä 13 pääjuuria. Seuraavassa taulukossa on eräitä lukuja näistä 13:sta. Huomattakoon, että vertikaalista tyvimittaa ei ole pantu ilmi, jos se on ollut sama kuin horisontaalinen.

Koepuu II,1. *Sample tree II,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* \ Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	50	45	35	32	18	66	58	12	24	13	20	35	25
	vertik. *vertic.*	75	60	56	63		105	79		41	22	30		
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		20	13	9	13	7	10	11	5	6	5	5	5	2.5
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		10	11	5	11	6	8	5	3	5	4	3	4	1.5
Pituus, m *Length, m*		11.5	12.5	7.5	10.5	6.5	10.0	10.0	5.0	6.0	9.0	6.5	8.0	3.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		3.3	3.8	5.8	3.1	2.8	8.7	10.1	6.0	7.4	7.5	12.3	14.2	18.3

Näytteeksi esitettäköön vielä kolmen huomattavan juuren mittaukset kokonaisuudessaan.

Koepuu II,1. *Sample tree II,1.*

Mittakohdat *Points of measurement*	Juuri n:o 1 *The root no. 1*			Juuri n:o 2 *The root no. 2*			Juuri n:o 6 *The root no. 6*		
	Diam., mm		Syvyys, cm *Depth, cm*	Diam., mm		Syvyys, cm *Depth, cm*	Diam., mm		Syvyys, cm *Depth, cm*
	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*		horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*		horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	
tyvi *base*	50	75	—	45	60	—	66	105	7
0.5 m	33	50	2	23	31	2	22	26	8
1 m	20		4	13		8	10		7
3 m	10		3	11		3	8		8
5 m	9		6	9		7	8		11
7 m	4		3	7		4	6		16
9 m	3		6	5		3	1		4
11 m	2		2	2		3			

Esitetyistä luvuista huomaa m.m., miten alussa vahva juuri ensin nopeasti ohenee, mutta alkaa sitten juosta melkein tasapaksuna. Tämä jyrkkä oheneminen loppuu kaikilla juurilla jo 3 m:n kohdalla tyvestä lukien, mutta useilla jo 1 m:n tienoilla. Juurten litteyttä, jota ominaisuutta oli 13 mitatusta pääpintajuuresta 9:llä, ei enää 1 m:n päässä tyvestä huomattu ainoallakaan, mutta usealla kyllä vielä 0.5 m:n kohdalla. Mainittakoon, että pari läheltä puun tyveä erkanevaa sivujuurtakin oli litteää.

Pintajuuristo on varsin laaja. Sen yhteinen pituus on 2 1 4 m ja laajuus 1 3 4 m^2, joten yhtä m^2:ä kohti tulee 1.6 m juurta.

Sekä paksuuden että syvyyden puolesta on mainitusta koko pituudesta mitattu verrattomasti suurin osa. Vain 39 m kartalle merkityistä juurista ja tietenkin ohuimpia ja vähäpätöisimpiä on jäänyt vaille mainittuja mittauksia. Nämä juuret ovat kaikki tyveltään alle 1 cm:n. Mitattuihin sen sijaan sisältyy aina tyveltään 5 mm:n vahvuisiakin juuria, jos niiden pituus on ollut joltinenkin. Voidaan siis sanoa, että mitatun aineiston nojalla laskettu keskisyvyys samoin kuin pintajuuriston kuutiomääräkin ovat täysin luotettavia. Pintajuuriston keskisyvyydeksi on saatu 120 mittauksen nojalla 7.2 cm ja kuutiomääräksi 0.0135 m^3.

Minkäänlaista paalujuurta ei puulla ollut, ei myöskään mitään muuta huomattavaa vertikaalista juurta. Nähtävästi alkuperäinen paalujuuri jo taimena on kääntynyt sivuun ja kehittynyt tavalliseksi pintajuureksi. Eräs vahvimmista horisontaalisista juurista olikin sen näköinen kuin olisi se alkuaan kasvanut rungon jatkona. — Jos tahdotaan laskea koko puun maanlaisen osan kuutiomäärä, on vielä otettava huomioon kannon alus. Tällä tarkoitetaan sitä puun osaa, josta pintajuuret lähtevät sivulle päin ja (tavallisesti) paalujuuri alaspäin. Ylöspäin muodostaa rajan ylimmän juuren niskasta tehty tai tehdyksi ajateltu kantoleikkaus. Kyseessä olevan puun kannon alus on tilavuudeltaan 0.0010 m^3. Koko maanalainen osa siis 0.0145 m^3, mikä tekee 61.4 % rungon kuutiosta.

Lopuksi mainittakoon, että puheena olevan koepuun mitatuista juurista on vain yhden merkitty katkenneen. Katkeamiskohdassa oli juuri 2 mm:n vahvuinen.

Koepuu n:o 2, mänty, ryhmässä kasvava, erittäin rehevä valtapuu. Seuraavassa tarkemmat tiedot.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m^3 *Volume, cbm.*
II,2 Mänty *Pine*	40	8.30	1.30	14.5	38.2	0.0603

Latvuksen leveys on n. 2.5 m.

Juuristo kaivettu kokonaisuudessaan. Pintajuuristo nähdään kartalla n:o 1, jossa esiintyy kolmen muunkin puun juuristot. Vielä piirrettiin keskusympyrä sekä pari kuvaa (toista esittää kuva 1) juurakosta, joka lisäksi valokuvattiin.

Säännöllisesti mitattu (mittakohdat: tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) on 36 pintajuurta, joista 24 pääjuurta. Niistä seuraavassa taulukossa eräitä tietoja.

Koepuu II,2. *Sample tree II,2.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	32	32	60	20	29	50	15	12	35	49	43	30
	vertik. / *vertic.*	44	53	99	26	40	65			62	82	55	40
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		15	5	25	7	14	28×34	7	8	8	7	19	16
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		11	5	15	7	6	15	6	6	4	5	16	10
Pituus, m / *Length, m*		10.5	6.0	13.5	9.0	8.5	6.5	7.5	5.5	4.5	5.5	13.0	6.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		5.7	4.6	9.4	3.3	8.0	7.2	5.0	8.5	7.0	4.3	13.7	14.5

Jatkoa. — *Continued.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	35	20	45	40	15	20	20	22	20	10	30	21
	vertik. / *vertic.*	45		60	69					30		50	
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		13	7	20	20	6	5	4	1	10	5	7	—
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		5	—	9	7	4	4	3	—	—	1	3	—
Pituus, m / *Length, m*		6.5	1.0	8.5	8.0	4.5	3.0	6.0	1.0	1.0	3.0	3.0	0.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		22.5	19.0	15.3	12.7	19.0	17.3	11.5	22.0	16.0	10.0	18.0	22.5

Näytteeksi otettakoon tähän vielä kolmen pintajuuren mittaukset kokonaisuudessaan.

Koepuu II,2. *Sample tree II,2.*

Mittakohdat *Points of measurement*	Juuri n:o 1 *The root no. 1*			Juuri n:o 4 *The root no. 4*			Juuri n:o 11 *The root no. 11*		
	Diam., mm		Syvyys, cm	Diam., mm		Syvyys, cm	Diam., mm		Syvyys, cm
	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	*Depth, cm*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	*Depth, cm*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	*Depth, cm*
tyvi *base*	32	44	1	20	26	4	43	55	11
0.5 m	22	26	8	10		3	31	42	14
1 m	15		6	7		2	19		12
3 m	11		5	7		3	16		13
5 m	7		4	6		3	12		22
7 m	6		8	3		3	11		10
9 m	2		8	1		5	7		14
11 m							4		13
13 m							1		14

Juurten nopea kapeneminen tyven läheilä voidaan esitettyjen lukujen nojalla tässäkin panna merkille, samoin juurten litteys, joka eräällä juurella oli huomattavissa vielä 1 m:n mittakohdalla.

Koko kartalla esiintyvän pintajuuriston yhteinen pituus on 208.0 m ja laajuus 129 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 1.6 m juurta. Vain 19 m on paksuuden ja syvyyden puolesta mittaamatonta juurta. Pintajuuriston keskisyvyys on laskettu 157 mittauksen nojalla 9.8 cm:ksi ja kuutiomäärä 0.0209 m³:ksi.

Syväjuuristosta on mainittava, että varsinaista paalujuurta ei ole. Sen sijaan oli kolme vankkaa syväjuurta, jotka lähtivät eri pintajuurista 25, 35 ja 60 cm:n päässä näiden rungosta. Verrattakoon kuvaa 1. Paksuudet olivat vastaavasti 50 × 53, 35 × 50 ja 17 cm. (Kaksi ensimmäistä olivat litteitä, siksi ilmoitettu kaksi mittaa.) Kaikki kolme ulottuivat pohjaveteen, joka tavattiin 173 cm maanpinnasta. Vahvinta seurattiin 219 cm:n syvyyteen, siis vielä 46 cm pohjaveden pinnan alapuolelle. Juuri jakaantui pohjaveteen tultuaan useaan haaraan, jotka mutkitellen painuivat vähä vähältä alaspäin. Mainitun 219 cm:n syvyydellä olivat vahvimmat haarat vielä 2 mm:n paksuisia ja ulottuivat vielä ehkä pari kymmentä cm syvemmälle. Kaivuu oli nimittäin keskeytettävä, kun sora veden alla sortumistaan sortui. Muut kaksi syväjuurta ulottuivat 189 cm:n syvyyteen. Syväjuurten kuutiomäärä on 0.0038 m³ ja kannon aluksen 0.0023 m³ eli yhteensä 0.0061 m³. Kun tähän lisätään edellä mainittu pintajuuriston kuutio, saadaan 0.0270 m³, joka tekee 44.8 % rungon kuutiomäärästä.

Juurten yhteenkasvamisista mainittakoon, että eräs pintajuuri (n:o 17) on lujasti kasvanut kiinni sen vieritse alaspäin painuvaan syväjuureen. Verrattakoon kuvaa 1.

Joitakin juurten katkeamisia on sattunut. Edellä on jo mainittu syväjuurista. Pintajuuria kaivaessa on sattunut yhden cm:n katkeamia 2, puolen cm:n 2, loput 4 pienempiä.

K o e p u u n:o 3, mänty, ryhmässä kasvava rehevä valtapuu. Taulukossa tarkemmat tiedot.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
II,3 Mänty *Pine*	40	5.90	1.30	7.5	32.0	0.0139

Latvuksen leveys on n. 1.60 m.

Juuristo kaivettiin kokonaan. Juurikartta n:o 1 yhteinen kolmen muun koepuun kanssa. Keskusympyrä piirrettiin, samoin kuva juurakosta (kuva 2).

Mitattu (mittakohdat: tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) 9 pintajuurta, niistä tyvestä lähteviä 5. Viimeksi mainituista lukuja seuraavassa taulukossa.

Koepuu II,3. *Sample tree II,3.*

Juuren n:o *No. of root* / Juuren mitat *Measurements of root*		1	2	3	4	5
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	59	29	43	12	52
	vertik. *vertic.*	74	37	67	13	68
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		17	5	18	2	9
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		6	1	6	—	4
Pituus, m *Length, m*		8.5	3.0	7.0	1.0	9.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		7.6	7.5	10.2	4.0	5.9

Pintajuuristo on edellisiin verrattuna suppea. Lisäksi ovat juuret hyvin hoikkia. Pituussumma on 7 8 m ja laajuus 5 1 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 1.5 m juurta. Kun juuret yleensä ovat hyvin ohuita, on niistä melkoinen osa jäänyt säännöllisin välimatkoin mittaamatta, nim. 30.5 m. Kuutioon pienimmät juuret kuitenkin vaikuttavat erinomaisen vähän. Jos kuitenkin mittaamattoman osan keskivahvuutena pidetään 3 mm ja tehdään sen mukainen lisäys, nousee kuutioluvun viimeinen desimaali 2:lla. Luku kohoaa näin 0.0059 m³:iin. Pintajuuriston keskisyvyydeksi on 42 mittauksen nojalla saatu 6.5 cm. Kun ei minkäänlaista paalujuurta tavattu enempää kuin muitakaan vertikaalisia juuria (vrt. kuvaa 2), on edellä mainittuun kuutioon vain lisät-

tävä kannon aluksen tilavuus 0.0011 m³, jolloin saadaan koko maanalaisen osan kuutiomääräksi 0.0070 m³. Tämä on rungon kuutiosta 48.9 %.

Katkeamia on sattunut kaksi, nim. 2.5 ja 1.5 mm:n.

Koepuu n:o 4, mänty, ryhmässä kasvava rehevä valtapuu. Taulukossa tarkemmat tiedot.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu- cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
II,4 Mänty *Pine*	42	6.35	1.50	10.3	30.9	0.0242

Latvuksen leveys oli n. 2.60 m.

Koko juuristo selvitetty. Pintajuuristo nähdään kartalla n:o 1 kolmen muun koepuun ohella. Keskusympyrä piirrettiin, niin ikään kuva juurakosta.

Mitattu säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) on 21 juurta, joista 17 tyvestä lähteviä. Näistä esitetään tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu II,4. *Sample tree II,4.*

Juuren mitat *Measurements of root* / Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	10
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	22	17	20	34	18	14	18	10	34
	vertik. *vertic.*	36	18	18	54			30		49
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		6	5	5	10	5	5	10	4	14
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		6	4	5	5	2	3	6	2	5
Pituus, m *Length, m*		6.5	7.0	6.5	7.0	4.0	6.0	7.0	5.0	11.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		5.2	7.2	6.2	9.2	7.3	5.0	10.3	8.8	6.0

Jatkoa. — *Continued.*

Juuren mitat / *Measurements of root*	Juuren n:o / *No. of roo*	11	12	13	15	16	17	18	19
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	18	10	10	15	7	30	11	10
	vertik / *vertic.*	25			17		55		
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		5	5	4	6	4	11	1.5	2.5
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		4	3	2	4	—	8	—	—
Pituus, m / *Length, m*		8.0	4.5	5.0	7.5	1.0	9.5	2.0	2.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		9.2	7.3	5.3	5.8	6.5	9.9	5.0	7.7

Yhden metrin mittakohdalla ovat juuret jo hyvin hoikkia. Litteys ei yhdessäkään tapauksessa ulottu metriin saakka. Pintajuuriston yhteinen pituus on 1 3 3 m ja laajuus 8 4 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 1.5 m juurta. Paksuuden ja syvyyden puolesta on kokonaispituudesta mittaamatta 15 m. — Pintajuuriston keskisyvyydeksi on 89 mittauksen nojalla saatu 7.9 cm ja kuutiomääräksi 0.0048 m³. — Vertikaalisesta juuristosta mainittakoon, että aluksi vahva paalujuuri lähtee suoraan rungon alta, mutta kapenee jo 40 cm:n syvyydellä aivan ohueksi, eikä ulotu 55 cm:ä syvemmälle. Paalujuuren ja kannon aluksen yhteinen kuutio on 0.0013 m³, ja koko maanalaisen osan siis 0.0061 m³, joka rungon kuutiosta on 25.2 %.

Kolme katkeamiskohtaa merkitty, vahvin 4 mm.

Koepuun n:o 5, mänty, kituva, mutkarunkoinen yksilö, toisen puun ahdistama. Latva kuitenkin normaali. Muut tiedot seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Rungon oksaton osa, m / *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*
II,5 Mänty *Pine*	22	2.70	1.25	2.3	12.9

Juuristo on kaivettu esiin kokonaisuudessaan, piirretty juurikartta sekä pari kuvaa juurakosta. Pisin pintajuuri oli 5.5 m ja koko pintajuuriston yhteinen mitta 28.0 m. Laajuus oli 22 m², ja yhtä m²:ä kohti tuli siis 1.3 m juurta. — Paksuuden ja syvyyden puolesta mittaamatonta on mainitusta 28 m:stä 6.5 m. — Keskisyvyydeksi on 27 mit-

tauksen nojalla saatu 1 0 . 0 cm. Kuutiomäärää ei ole laskettu syystä, että mittaus on aloitettu 0.5 m tyvestä, ja kuutio siis tulisi epävarmaksi. Suurin juuren vahvuus 0.5 m:n päässä tyvestä on 5 mm. Rungon jatkona alaspäin on vankka paalujuuri, joka kuitenkin 15 cm:n syvyydellä haaraantuu ja jatkuu horisontaalisina juurina.

Koepuu n:o 6, mänty, rehevä valtapuu. Rinnankorkeusläpimitta 10.2 cm. Ainoastaan yksi, kaakkoon suuntautuva pääpintajuuri on kaivettu. Se merkittiin alkuperäiseen juurikarttaan, samaan kuin puut n:ot 1—4, mutta poistettiin käytännöllisistä syistä. Juuren kulkusuunta on hyvin suora, sen pituus oli 1 1 m. Kaivetuksi tuli tämä juuri sen takia, että se erehdyksestä tuli vaihdoksiin jonkin muun koepuun juuren kanssa, se kun kulki lähellä pintaa samassa tasossa kuin nekin.

Koepuu n:o 7, mänty, rehevä valtapuu. Tarkemmat tiedot seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. 1.3 m. kork., cm. *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
II,7 Mänty *Pine*	42	6.50	10.0	29.1	0.0269

Latvuksen leveys oli n. 2.80 m.

Juuristo kaivettiin esiin kokonaisuudessaan. Paitsi juurikarttaa piirrettiin keskusympyrä sekä pari kuvaa syväjuuristosta. Näistä esitetään toinen, kuva 3. Edelleen

Koepuu II,7. *Sample tree II,7.*

Juuren mitat *Measurements of root* \ Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	5	6	7	8	9	10	12
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	40	52	30	47	40	10	15	15	10	35
	vertik. *vertic.*	60	74	40		55					
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		11	15	11	12	13	5	3	6	4	7
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		10	11	11	7	7	1.5	—	3	3	4
Pituus, m *Length, m*		8.5	9.0	7.5	7.0	8.0	3.5	3.0	4.0	4.0	7.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		7.3	2.0	5.4	3.4	6.7	6.7	13.3	9.5	9.0	8.2

otettiin pari valokuvaa, joissa osa pintamyötäistä juuristoa on näkyvissä (näistä esitetään kuva 28). Vielä valokuvattiin eräitä syväjuurten päätehaaromia (kuva 29).

Mitattu säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) on 17 pintajuurta, niistä 10 tyvestä lähteviä. Edellisen sivun toisessa taulukossa esitetään tietoja viimeksi mainituista.

Juuret eivät ole erikoisen pitkiä, mutta haarovat melko runsaasti, niinpä kaksikin juurta haaroineen mitattuna saavuttaa 37 m:n mitan. Eräät juuret tekevät huomiota herättäviä kierroksia. Tyvipään litteys on verraten heikkoa.

Pintajuuriston kokonaispituus on 180.0 m ja laajuus 90 m². Juuristo on siis edellisiin koepuihin verrattuna tiheämpää, neliömetriä kohti kun tulee 2 m juurta. — Siihen nähden että juuristoon sisältyy paljon aivan ohutta sivujuurta, on paksuuden ja syvyyden puolesta mittaamatta jäänyt melkoinen osa koko pintajuuriston pituudesta, nim. 57.5 m. Kuutioon nähden on mittaamaton osa kuitenkin jokseenkin vailla merkitystä. Jos kuitenkin tämän juuriston osan keskivahvuutena pidetään 3 mm ja tehdään sen mukainen lisäys, nousee pintajuuriston kuutioluvun viimeinen desimaali 4:llä; kaikkiaan tulee se näin olemaan 0.0071 m³. Pintajuuriston keskisyvyydeksi on 62 mittauksen nojalla saatu 5.6 cm.

Vertikaalinen juuristo on varsin huomattava. Verrattakoon kuvaa 3. Paalujuuri lähti kannon alta, sen lounaispuolelta. Sen paksuus oli tyvestään 9.0 × 11.3 cm, mutta haaraantui jo 24 cm:n syvyydellä kolmeen osaan, joiden vahvuudet olivat 6.5 × 4.4, 4.4 ja 2.0 cm. Nämä ohenivat nopeasti ja haaraantuivat puolestaan moneen osaan. Toisena mainittu haaraantui jo 30 cm lähtökohdastaan, muut 70 cm:n päässä. Nämä haarat jatkoivat sitten kasvuaan yhä syvemmälle. Kaksi ohutta haaraa ulottui 195 cm:n syvyyteen saavuttaen pohjaveden 190 cm:n kohdalla. Nämä kuuluivat alunperin vahvimpaan paalujuuren kolmesta haarasta. Muut haarat ulottivat latvansa metrin syvyyteen tai hiukan yli sen. Paitsi paalujuurta oli koepuulla kolme merkittävää vertikaalista juurta, jotka kaikki saivat alkunsa pintajuurten alaspäisinä haaroina aivan läheltä puun tyveä. Nämä syväjuuret olivat tyveltään 2.5 × 3.5, 2.2 ja 1.0 × 2.0 cm. Ne ulottuivat, varsinkin loppupuolellaan runsaasti haaroen 70, 46 ja 42 cm:n syvyyteen. Viimeksi mainittujen syväjuurten latvat, mutta myös monet paalujuuren haarojen latvat n. metrin syvyydellä olivat sangen erikoisen näköisiä. Ne olivat ensinnäkin täynnä pikkujuuria, joista kukin päättyi terävään, valkeaan, verraten paksuun kärkeen (2, jopa 3:kin mm). Mutta varsinkin herätti huomiota näiden päätehaaromien asettuminen samaan vertikaalitasoon, mikä antoi niille sananjalkaa muistuttavan näön. Kuvassa 29 nähdään eräitä latvahaaromia, joiden kärjet kuitenkin ovat kuvaa otettaessa jo kuivuneet.

Kauempanakin puun tyvestä sijaitsi joitakin vertikaalisia juuria. Niinpä eräs pintajuuri kääntyi kuljettuaan 6.5 m puusta poispäin suoraan alas. Se oli tällöin parin mm:n vahvuinen, mutta ulottui 60 cm:n syvyyteen. Juuren kärki oli laho, joten se ei yltänyt pohjaveteen. Sen sijaan seurattiin erästä saman vahvuista jonkin toisen männyn juurta, joka aivan lähellä painui syvälle päin. Se saavuttikin pohjaveden 90 cm:n syvyydellä (paikka oli lähellä suon reunaa, jota kohti maa laskeutui) ja jatkoi vielä kasvuaan alaspäin 40 cm. — Toinen mainittava syväjuuri oli n. 4 m:n etäisyydellä rungosta erään vanhan, osaksi pehminneen kannon luona. Eräästä pintajuuresta lähti nim. 8 mm:n vahvuinen haara suoraan kantoa kohti. Kuljettuaan jonkun matkaa kannosta lähtevää lahoa vaakasuoraa juurta myöten, kääntyi se äkkiä seuraamaan tapaamaansa pehminnyttä syväjuurta. Puolen metrin syvyydellä oli juuri

vielä 6 mm:n vahvuinen, joten ei ole epäilystäkään, etteikö se ulottuisi pohjaveteen asti.

Vertikaalisen juuriston kuutiomäärä on laskettu 0.0022 m³:ksi ja kannon aluksen 0.0012 m³:ksi. Yhteensä saadaan siis 0.0034 m³, joka lisättynä pintajuuriston kuutioon antaa tulokseksi 0.0105 m³. Maanalaisen osan kuutio on rungon kuutiosta 37.5 %.

Yhteenkasvettumista on tehty pari merkintää. Eräs vajaan senttimetrin vahvuinen pintajuuri on lähellä tyveään kasvanut kiinni pari kertaa vahvempaan sivuuttavaan syväjuureen. Kasvettuma oli 12 cm:n syvyydellä. Paalujuuren kaksi vierekkäistä haaraa on kahdesti kasvanut kiinni toisiinsa, nim. 52 ja 73 cm:n syvyydellä.

Yksi 3 millimetrin katkeama on sattunut pintajuuria kaivaessa.

Koepuu n:o 8, mänty, kasvussaan takapajulle jäänyt valtapuu. Tietoja seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average annual height increment of the last 10 years, cm*
II,8 Mänty *Pine*	44	3.90	4.5	21.4

Latvuksen leveys n. 160 cm.

Juuristo on kaivettu esille vain osittain, nim. koepuuhun n:o 7 päin suuntautuvat pintajuuret. Esille kaivetuista juurista mitattiin (mittakohdat: tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) viisi. Niistä tietoja alla olevassa taulukossa.

Koepuu II,8. *Sample tree II,8.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 b	2	3	4
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	15	4	15	20	15
	vertik. *vertic.*				30	
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		2	2	4	8	4
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		1	1.5	3	4	3
Pituus, m *Length, m*		4.5	4.0	6.0	9.0	7.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		2.5	2.3	2.4	4.5	5.4

Huomataan, että juuret, vaikka ovat ohuita, ulottuvat verraten pitkälle. Myös niiden pinnallisuus on merkittävä. Juuriston kaivetun osan (arviolta puolet koko juuristosta) pituus on 46 m, josta säännöllisin välimatkoin mitattua 30.5 m. Keskisyvyydeksi on 23 mittauksen perusteella saatu 3.7 cm. — Vertikaalista juuristoa tyven luota ei selvitetty, mutta todennäköisesti ei mitään paalujuurta ollut, sillä puu heilui vallan helposti, kun tutkitut juuret oli irroitettu. Eräs vertikaalinen juuri kuitenkin tutkittiin tarkalleen. 70 cm juuren n:o 4 tyvestä lähti nim. haara, joka 40 cm kuljettuaan kääntyi suoraan alas. Tässä sen paksuus oli 5 mm. Juuri painui sitten aina 220 cm:n syvyyteen tehden pikku mutkia ja haaraantuen useaan osaan, jotka kuitenkin pysyttelivät lähellä toisiaan. Sen kulkema uoma oli lähellä eräitä koepuun n:o 7 lähisyväjuuria. Pohjavesi oli 195 cm:n syvyydellä, joten juuri tunkeutui 25 cm sen tason alapuolelle. Kaikesta päättäen on puheena oleva juuri lähtenyt jonkun vanhan lahonneen juuren uomaa myöten alaspäin. Eräs sen haaroista kulki nim. alkaen 1 m:n syvyydeltä lähes metrin vanhan juuren sisällä aivan kuin putkessa. Tämä putki oli paikoin aivan eheä, ja sen sisällä saattoi olla kolmekin nykyisen juuren haaraa. Muualtakin löytyi juuren lähettyviltä lahonneita juuren palasia.

Koepuu n:o 9, mänty, kasvussaan takapajulle jäänyt valtapuu. Lähemmät tiedot seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average annual height increment of the last 10 years, cm*
II,9 Mänty *Pine*	42	3.10	4.5	17.0

Latvuksen leveys n. 140 cm.

Juuristo kaivettu vain osaksi, nim. 7:nteen koepuuhun päin suuntautuvat pintajuuret. Esiin kaivetuista juurista mitattiin (mittakohdat: tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) kolme. Niistä tietoja seuraavan sivun ensimmäisessä taulukossa.

On merkittävä, että juuret eivät ole tyvestään litteitä ja että ne kulkevat aivan lähellä pintaa. — Kaivetun juuriston pituus oli 33.5 m, mikä arviolta oli tuskin puolta koko juuristosta. Mitattu on 23.5 m. Saatujen lukujen nojalla on keskisyvyys 2.7 cm (15 mittausta). — Vertikaalista juuristoa tyven luona ei selvitetty, mutta löyhästä kiinnityksestä päättäen tuskin on paalujuurta ollut. Muutakaan vertikaalista juurta ei tavattu.

Koepuu II,9. *Sample tree II,9.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	20	11	25
	vertik. / *vertic.*			
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		10	2	7
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		7	—	4
Pituus, m / *Length, m*		12	2.5	9
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		2.5	2.7	3.0

Koepuu n:o 10, mänty, aukealla kasvanut heikon näköinen taimi. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Diam. tyvestä, cm / *Base diam., cm*	9 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average annual height increment of the last 9 years, cm*
II,10 Mänty *Pine*	22	0.95	2.6	7.0

Taimi kasvoi pari metriä varsinaisen, puukarttaan sisältyvän koealan ulkopuolella. Juuristo selvitettiin kokonaan. Laadittiin juurikartta (yhteinen seur. koepuun kanssa) ja tehtiin piirros juurakosta. Pisin vaakasuora juuri oli mitaltaan 4 m. Pintajuuriston kokonaispituus on 11.5 m. Syvyys- ja paksuusmittauksia (mittakohdat: 0.5, 1, 1.5, 2.5 m j.n.e.) on tehty melkein koko juuristosta. Syvyyskeskiarvoksi on saatu 14 mittauksen nojalla 8.2 cm. Kuutioita ei laskettu, kun juurten tyvimittoja ei ole otettu. Vahvimmat olivat puolen metrin päästä 3 mm:n paksuiset. — Paalujuuri kasvoi aluksi rungon jatkona hiukan viistosti alaspäin, mutta jo 10 cm:n syvyydellä kääntyi se vaakasuoraksi ja haaraantui kohta kahtia. Nämä parin mm:n vahvuiset haarat kääntyivät parikymmentä cm paalujuuren mutkasta suoraan alaspäin ja saavuttivat jälleen haaraantuen 40—50 cm:n syvyyden.

Koepuu n:o 11, mänty, samanlainen taimi kuin edellinenkin. Kasvoi 65 cm:n etäisyydellä siitä. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. tyvestä, cm *Base diam., cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average annual height increment of the last 10 years, cm*
II,11 Mänty *Pine*	37	1.13	2.8	10.6

Puu on v:sta 1922 alkaen 2-haarainen.

Juuristo tutkittiin kokonaisuudessaan. Tehtiin edellisen koepuun kanssa yhteinen juurikartta sekä piirros juurakosta. Pisin horisontaalinen juuri oli 5 m:n mittainen. Pintajuuriston kokonaispituus oli 16.5 m. Tästä on syvyyteen ja paksuuteen nähden selvittämättä 4.0 m. Pintajuuriston syvyyskeskiarvoksi (mittakohdat: 0.5, 1, 1.5, 2.5 m j.n.e.) on saatu 15 mittauksen perusteella 10.0 cm. Kuutiota ei laskettu, juurten tyvimitat kun jäivät ottamatta. Puoli metriä tyvestä oli vahvin juuri läpimitaltaan 3 mm. — Paalujuuri kulkee aluksi aivan kuin rungon jatkona alaspäin, tosin jonkin verran viistoon, mutta jo runsaan 10 cm:n syvyydellä jakaantuu se kolmeen osaan, joista kaksi lähtee vaakasuoraan suuntaan, ja vain yksi ohut haara jatkaa kasvuaan alaspäin saavuttaen lähes 30 cm:n syvyyden.

KOEALA III.

P a i k k a: Koeala sijaitsee samalla kankaalla kuin edellinenkin, n. 150 m siitä suuntaan SSE. K a i v u u a i k a: Syyskuun loppupuoli ja lokakuun alku v. 1923.

M e t s i k k ö: Harvahko, enimmäkseen tukkipuun koon saavuttanut, n. 150-vuotinen männikkö. Puut ovat yleensä lakkapäisiä, melkein kaikilla tyvessään etelän puolella palokoro, jonka on aiheuttanut nelisen kymmentä vuotta aikaisemmin sattunut kulo. Runkomuoto on solakka. Keskipituus, keskiläpimitta 1.3 m korkeudelta ja kuutio ha:a kohti ovat arviolta seuraavat: 16 m, 22 cm ja 180 m³. Metsikkö on alaltaan vajaa puoli hehtaaria. — Puukartta valmistettu.

K a s v i p e i t e: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavina kasveina mainittakoon puolukka, kanerva ja jäkälät.

M e t s ä t y y p p i: Kanervatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o: Maaperästä on tehty muistiinpanoja tärkeimmän koepuun kaivuukuopan mukaan. Todettiin seuraavat kerrostumat: 1) humus 1—2 cm, 2) valkohiekka 5—15 cm, 3) ruskea hiekka 20—45 cm, 4) vaalea hiekkakerros 110—175 cm, sen alimmassa n. metrin vahvuisessa kerroksessa alkaa olla pieniä kiviä, ja hiekka muuttuu karkeammaksi oltuaan tätä ennen keskihienoa, kuten rusko- ja valkohiekkakin, 5) pienikivinen kiinteä sora, joka kuopan itäreunalla alkaa 160 cm:n ja länsireunalla 235 cm:n syvyydeltä. Kuopan laajuus oli n. 3 m.

Kankaan pinnanmuodostuksesta ja liittymisestä Alaluostan harjujonoon on kerrottu jo edellisen koealan yhteydessä. Tässä mainittakoon vain, että itse koeala sijaitsee pienessä, pyöreähkössä notkossa, jonka reunat huomattavasti nousevat muihin

suuntiin, paitsi lounaaseen. Tähän suuntaan alkaa maa viettää läheistä rämettä kohti, jonne on matkaa sen puoleiselta reunalta n. 30 m.

Pohjavesi tavattiin kaivuukuopassa 2.70 m:n syvyydellä.

Juuristojen selvittely: Kaikkiaan tutkittiin kolmen puun juuristoa, joista vain yhden perusteellisesti. Tämän pintajuuristo kartoitettiin käyttämällä 4 m²:n suuruisia ruutuja.

Koepuu n:o 1, mänty, kaunismuotoinen, normaalilatvuksinen valtapuu. Seuraavassa taulukossa lähemmät tiedot.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
III,1 Mänty *Pine*	149	17.5	11.0	25.4	3.3	0.4677

Latvuksen leveys oli n. 3.5 m. — Puu on viimeiset 33 vuottaan kasvanut hyvin hitaasti; lustojen yhteinen vahvuus oli 6.5—9.5 mm. Sitten seurasi sydämeen päin 44 n. millimetrin vahvuista lustoa, niiden jälkeen 11 vuoden vyö kapeita ja loput leveitä lustoja. Runko ei ollut palon vioittama.

Juuristo on muuten täydelleen selvitetty, mutta pintajuuristosta on n. kolmannes

Koepuu III,1. *Sample tree III,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	100	45	95	40	40	50	47	54	30	40	35	77	116
	vertik. *vertic.*	110		225		56	65	55	80	57		40	172	223
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		50×56	26	70×80	10	10	23	15	20	17	11	20	30	34
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		.	.	20	4	—	15	10	18	10	9	8	10	10
Pituus, m *Length, m*		.	.	11.5	3.0	2.5	7.5	7.0	10.5	8.0	9.0	5.0	4.5	6.5
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		(3.3)	(7.1)	11.4	4.5	5.8	13.8	17.1	5.9	17.7	17.1	13.8	4.6	4.8

Jatkoa. — *Continued.*

Juuren n:o *No. of root* / Juuren mitat *Measurements of root*		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	66	45	68	30	30	100	55	25	15	58	40	35	12
	vertik. *vertic.*	170	60	130	65		120	110			80	50		
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		15	17	26	—	13	20	·	9	4	20	·	8	5
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		5	—	—	—	12	11	·	4	—	—	·	·	—
Pituus, m *Length, m*		3.5	2.0	2.0	0.5	5.5	4.0	·	3.0	2.0	2.5	·	·	1.5
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		11.4	12.7	6.0	20.0	7.0	3.6	(20.5)	19.0	13.5	15.5	(32.5)	(35.3)	11.3

kaivettu esiin vain tyvestään. Horisontaalinen juuristo nähdään kartalla n:o 2. Myös keskusympyrä on piirretty sekä syväjuuristosta eräitä kuvia (kuvat 4, 5 ja 6).

Mitattu säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) on 39 pintajuurta, niistä 21 suoraan puun tyvestä lähtevää. Näistä esitetään tietoja edellä olevassa taulukossa. Sitä paitsi otetaan siihen niidenkin pääjuurten vahvuusmitat, joita ei ole kokonaisuudessaan kaivettu esiin.

Esitettäköön vielä kolmen huomattavan pintajuuren mittaukset kokonaisuudessaan.

Koepuu III,1. *Sample tree III,1.*

Mittakohdat *Points of measurement*	Juuri n:o 3 *The root no. 3*			Juuri n:o 8 *The root no. 8*			Juuri n:o 9 *The root no. 9*		
	Diam., mm		Syvyys, cm *Depth, cm*	Diam., mm		Syvyys, cm *Depth, cm*	Diam., mm		Syvyys, cm *Depth, cm*
	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*		horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*		horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	
tyvi *base*	95	225	—	54	80	2	30	57	23
0.5 m	85	135	12	30		10	20		19
1 m	70	80	10	20		4	17		17
3 m	20		6	18		5	10		10
5 m	20		25	11		5	10		13
7 m	10		20	11		11	4		22
9 m	8		8	6		5			
11 m	4		10						

Käsillä olevan koepuun juuret eivät saavuta yksikään suurta pituutta, vaikka tyvimitat olisivatkin melkoisia. Tämä johtuu osaltaan siitä, että suuri osa juuria on palon

vioittamia. Kaivetuista juurista on 22:n pää kuollut. Monien kärkiosa on arvatenkin pitkälti lahonnut, sillä juurta kaivettaessa saattoi se jo senttimetrin läpimittaan ehdittäessä olla niin laho, ettei pitemmälle voitu seurata. Usein oli kuitenkin vain muutaman millimetrin vahvuinen kärkiosa pihkoittunutta ja kuollutta. Karttaan on merkitty, mitkä juuret ovat päästään kuolleita ja miten pitkälti on kuollutta osaa saatu kaivetuksi. Paitsi lahonneita tai täydelleen pihkoittuneita ja kuolleita osia tavattiin monilla juurilla pitkiä palovioittumia, joiden reunat olivat pihkoittuneet ja osittain kylestyneet. On tehty se havainto, että juuren pään tienoille, jonka kärkiosa on palon vioittamana kuollut, kehittyy samaan suuntaan kasvavia sivujuuria korvaamaan kuollutta osaa. Yleensäkin oli vahingoittuneilla juuren osilla enemmän hoikkia sivujuuria kuin terveillä.

Juurten tyvilitteys ulottuu vain kahdessa tapauksessa 1 m:n mittakohtaan, silloinkin heikkona. — Vahvankin juuren tyven kapeneminen on niin nopeaa, ettei 3 m:n päässä rungosta enää tavata ainoatakaan yli 2 cm:n paksuista juurta.

Kokonaisuudessaan esiin kaivetun pintajuuriston osan yhteinen pituus on 186.5 m. Kun kaivamatta on enintään $^1/_3$ pintajuuristoa, saataisiin koko juuriston pituudeksi n. 280 m, mikä luku pikemminkin on liian pieni kuin liian iso. Mainitusta 186.5 m:stä on vain 15.5 m paksuus- ja syvyysmittausta vailla. Mutta keskisyvyyttä laskettaessa on lisäksi otettu huomioon ne syvyysmittaukset, joita on tehty vain osaksi (tyveltään) esiin kaivettujen juurten suhteen. Ja kuutiota laskettaessa on niin ikään luettu mukaan osaksi (tyveltään) paljastetut juuret, joiden kuutiorikkain osa näin tulee sisältymään laskettuun kuutiomäärään. — Pintajuuriston keskisyvyydeksi on saatu 195 mittauksen nojalla 10.5 cm ja kuutiomääräksi 0.0734 m³, josta 0.0653 m³ tulee kokonaan kaivettujen ja 0.0081 m³ vain tyveltään selvitettyjen osalle. Jos tähän lukuun lisätään sama verta korvaamaan kaivamatonta osaa, (samaan lukuun tullaan liki pitäen, jos juuret otaksutaan 5—9 m:n mittaisiksi ja kapeneminen samanlaiseksi kuin tutkituilla juurilla) saadaan koko pintajuuriston kuutioksi 0.0800 m³, joka lienee jotakuinkin lähellä todellista. — Kokonaisuudessaan esiin kaivetun juuriston osan laajuus on 87 m². Jos kaivamaton osa edustaa $^1/_3$:aa koko laajuudesta, saadaan siksi 130 m². Yhtä m²:ä kohti tulee edellä esitetyn mukaan 2.1 m juurta.

Syväjuuristo oli puheena olevalla puulla hyvin kehittynyt. Ensinnä mainittakoon paalujuuri, joka kasvoi rungon suoranaisena jatkona alaspäin. Muodoltaan oli se melkoisesti porkkanaa muistuttava, kuten nähdään keskusjuuristoa esittävästä piirroksesta, kuva 4. Tyveltään, siis ylimmän horisontaalisen juurikehän alapuolelta (16 cm maanpinnasta) oli se 23.5 cm:n vahvuinen. Puoli metriä tyvestä alaspäin oli diametri eri puolilta mitattuna 7.8 × 10.0 cm. Mutta 70 cm:n päässä tyvestä eli 86 cm maanpinnasta alkoi juuri voimakkaasti haaroa ja kapeni aivan äkkiä. Syvimmät haarat ulottuivat 140 cm maanpinnan alapuolelle. — Toinen huomattava syväjuuri lähtee erään pintajuuren alta 30 cm rungosta. Se on tyveltään 6.2 × 7.6 cm vahva, suuntautuu jonkin verran mutkitellen alaspäin, haaraantuu 40 cm:n päässä, on metrin etäisyydellä tyvestään vielä 2 cm:n paksuinen ja jatkaa edelleen kulkuaan spiraalimaisesti mutkitellen haaraantumatta. Oheneminen on hidasta, vieläpä juuri välillä paksuneekin (1 $^1/_2$ m tyvestä 12 mm, 2 m tyvestä 14 mm). Pohjavesi saavutetaan 270 cm:n syvyydellä, mutta juuri jatkaa yhä kulkuaan, nyt mutkitellen entistä enemmän ja jonkin verran haaroen. Viimeiset kärjet tavattiin vasta 315 cm:n syvyydellä. — Tämän syväjuuren edellä mainittu haara ylti vain 112 cm:n syvyyteen. — Kolmas mainittava syväjuuri lähti sekin pintajuuren alta parikymmentä cm rungosta. Se oli tyveltään 5.5 cm

siis edellistä ohuempi. Puolitoista metriä tyvestään alaspäin oli sen läpimitta vielä 1.6 cm. Kaikkiaan ulottui se 218 cm:n syvyyteen haaraantuen sitä ennen useaan osaan. — Neljäskin syväjuuri lähtee läheltä runkoa 160 cm:n päästä pintajuuren alaspäisenä haarana. Sen tyvimitat ovat vastakkaisilta puolin 2.0 ja 4.2 cm. Metrin syvyydellä on se vielä 6 mm:n vahvuinen. Näöltään on se melkein tasapaksu, haaraton ja hienosti mutkitteleva. Kaikesta päättäen ulottuu se ainakin 2 m:n syvyyteen.

Vertikaalisista pintajuurista puhuttaessa on vielä mainittava pari lähekkäisistä pintajuurista 1 $^1/_2$ m:n etäisyydellä rungosta lähtevää alaspäistä haaraa, joiden läpimitat tyvestä olivat 17 ja 13 mm. Niitä seurattiin 210 cm:n syvyyteen, jossa niillä vielä oli mittaa vastaavasti 8 ja 4 mm. Kuopan sortumisen vuoksi ei niitä selvitetty pitemmälle, mutta juurten tasapaksuudesta ja tyypillisestä ulkonäöstä päättäen ne tunkeutuivat ainakin pohjaveteen asti. Nämä kaksi juurta kulkivat muuten aivan lähekkäin, melkein yhdessä nipussa. Niihin yhtyi 60 cm:n syvyydellä tukeva vieras juuri, joka siitä pitäen kulki aivan samaa uomaa ollen 210 cm:n syvyydellä vielä 13 mm:n vahvuinen. Ei ole epäilystäkään, etteikö se ulottuisi pohjaveteen. Tämä vieras juuri johti ylöspäin kaivettaessa pieneen, $^1/_2$ m:n korkuiseen pajupensaaseen ja oli tyvestään 35 mm:n vahvuinen. Pensas sijaitsi n. puoli metriä puheena olevien männyn syväjuurien lähtökohdasta. Se oli muodostunut kantovesoista, alkuperäinen (ei sekään kannosta päättäen varsin suuri) oli lahonnut pois. Pitkin edellä kuvattujen kolmen juuren kulkemaa uomaa löytyi tavan takaa lahonneita juuren palasia, joiden sisään seurattavien juurten hienoimmat haarat olivat tunkeutuneet. Nähtävästi puheena olevat juuret olivat painuneet maahan vanhaa lahonnutta tai lahoavaa juurta myöten.

Syväjuuriston kuutiomääräksi on saatu 0.0185 m^3. Kun tähän lisätään kannon aluksen kuutio 0.0140 m^3 ja ennen esitetty pintajuuriston kuutio 0.0800 m^3, on tuloksena n. 0.1100 m^3. Jos viimeksi mainittua lukua, joka siis edustaa koko juuriston kuutiota, verrataan rungon kuutioon (0.4677 m^3), huomataan, että edellinen on 23.5 % jälkimmäisestä.

Juurten yhteenkasvettumista tarjoaa käsillä oleva koepuu monta merkille pantavaa huomiota. Jos tarkastellaan keskusjuuristoa esittävää piirrosta (kuva 4) sekä paria detaljipiirrosta (kuvat 5 ja 6), nähdään ensinnäkin, miten yleisiä yhteenkasvettumat keskusjuuristossa ovat. Huomataan myös, miten tällaiset liitokset saavat aikaan taidokkaan rakennelman, joka on omiaan suuresti lujittamaan juuristoa. Mutta paitsi mainittuja lukuisia keskusjuuriston yhteenkasvettumia tavattiin niitä verraten kaukana rungostakin. Nämä eivät kuitenkaan olleet saman puun juurten välisiä, vaan puheena olevan ja muiden puiden keskisiä. Ne selviävät jossain määrin juurikartastakin, mutta selvemmin erikoisesta, hiukan kaavioidusta kartasta n:o 3. Siitä huomataan ensinnäkin, että kyseessä olevan koepuun ja kolmen muun puun välisiä yhteenkasvettumia tavataan. Kaikkiaan ovat eri puiden juuret 8:sta kohti yhteydessä keskenään. Merkillisintä asiassa on se, että yksi näistä puista on kelo, jonka kuoret jo ovat täydelleen varisseet pois. Tämän kelon ja puheena olevan koepuun juurten välinen yhteys onkin vilkas: 6 yhteenkasvettumaa. On merkittävä, että eräät kelon juurista vielä ovat kokonaan tai osittain hengissä. Toimintansa puolesta on ne tietenkin luettava koepuun juuriksi (näin on tehtykin), koska ne eivät enää voi keloa hyödyttää.

Seuraavassa eräitä lähempiä tietoja eri tapauksista. Kasvettuma 1: Kasvaessaan kiinni vieraaseen puuhun oli juuren vahvuus 13 mm; 1 $^1/_2$ m tyveen päin oli vahvuus vain 10 mm. Kasvettuma 2: Kiinni kasvaneen juuren vahvuus oli 10 mm. Kasvettuma 3: Kelon juuri oli 7 mm:n ja koepuun juuri 4 mm:n vahvuinen.

Yhtymiskohtaan syntyi pitkulaisen pallomainen muodostuma (läpimitat: 2 × 3 cm). Kelon juuri oli hengissä lähtökohtaansa asti. Juurten yhtyminen tapahtui kasvavan ison puun tyven alla. Kasvettuma 4: Koepuun 12 mm:n vahvuinen juuri yhtyy paksuun kelon juureen 10 cm:n syvyydessä. Juuri terve. Kasvettuma 5: Kelon juuri yhtyy koepuun tyveen 22 cm:n vahvuisena 20 cm:n syvyydessä. 50 cm yhtymäkohdasta keloon päin on juuri hengissä. Kasvettumat 6 ja 7: Koepuun juuri yhtyy kahdesti kelon juuriin eikä sen jälkeen jatku. Ensi kerralla on sen vahvuus 10 mm ja syvyys 8 cm, toisella kerralla 12 mm ja 12 cm. Kasvettumain välinen osa 18 cm on kuollutta. Kasvettuma 8: Koepuun juuri yhtyy kelon juureen 10 mm:n vahvuisena 14 cm:n syvyydellä ja jatkuu edelleen.

Juurten katkeamisia kaivettaessa on merkitty 6, niistä yksi 7 mm:n, seuraava 4 mm:n, muut vähäisempiä.

Koepuu n:o 2, mänty, valtapuu, sijaitsee 2 m ensimmäisestä koepuusta kaakkoon. Latvus tämän puolelta puristunut, muutoin normaali. Puun pituus 13.8 m, diametri 1.3 m:n korkeudelta 19.0 cm, tyveltä 28.0 cm ja 6 m:n korkeudelta 15.0 cm. Ikää ei selvitetty, mutta kaiken todennäköisyyden mukaan on se sama kuin ensimmäisenkin koepuun.

Juuristoa tutkittiin vain osittain. Tärkeimpien pintajuurten tyviläpimitat ja vastaavat syvyydet merkittiin muistiin ja yksi vankimmista kaivettiin kokonaisuudessaan esiin ja mitattiin säännöllisin välimatkoin. Tämä juuri kiertää ensin aivan lähelle ensimmäisen koepuun tyveä pujotellen sen tiheän keskusjuuriston lomitse, sitten se jatkaa kulkuaan pääasiassa pohjoiseen suuntaan, kääntyy lopullisesti koilliseen ja saavuttaa lähes 12 m:n pituuden. Mittauksen tulokset olivat seuraavat.

Koepuu III,2; juuri n:o 9. *Sample tree III,2; the root no. 9.*

Mittakohdat *Points of measurement*	tyvi *base*	0,5 m	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	11 m
Diam., mm	70× 125	50	30	25	15	10	3	1.5
Syvyys, cm *Depth, cm*	30	30	25	10	10	15	20	26

Tärkeimpien pintajuurten tyvimitat olivat seuraavan taulukon mukaiset.

Koepuu III,2. *Sample tree III,2.*

Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	80	55	65	75	50	45	50	43	70	53	43
	vertik. *vertic.*	130	70	155	90	115	85	60		125		50
Syvyys tyven kohdalta cm *Depth at the base, cm*		—	—	—	—	7	7	3	18	30	18	50

Syväjuuristosta mainittakoon ensin varsinainen paalujuuri, joka rungon jatkona painuu suoraan alaspäin. Sen muodosta ja muustakin keskusjuuristosta saa käsityksen kuvasta 30. Paalujuuren tyvi (17 cm maanpinnasta) oli vahvuudeltaan 170 × 230 mm ja 0.5 m:n syvyydellä 100 × 155 mm. Tämän jälkeen hajaantuu juuri useaan haaraan, joista enimmät päättyvät jo 1 m:n syvyydellä, yksi kuitenkin jatkaa 50 cm ulottuen siis 1.5 m maanpinnan alapuolelle. Toinen vankanlainen syväjuuri (tyveltään 43 mm) saa alkunsa läheltä paalujuurta. Puolen metrin syvyydellä on se vielä toista cm:ä vahva, mutta ulottuu vain 75 cm:n syvyyteen. Vielä esiintyy 0.5—1 m:n päässä rungosta kolme vähäisempää syväjuurta, jotka eivät nekään ulotu syvälle.

Yhteenkasvettumista ansaitsee mainita, että pari paalujuuresta lähtevää vaakasuoraa juurta on kasvanut kiinni sen läheiseen syväjuureen liittäen nämä lujasti toisiinsa. — Ensimmäisen koepuun erään juuren yhteenkasvamisesta tämän puun juurakkoon on jo edellä puhuttu.

Koepuu n:o 3, keloutunut mänty, joka mitoista päättäen varmasti on ollut valtapuu. Sijaitsee 2 m ensimmäisestä koepuusta etelään. Puun pituus oli 17.0 m, läpimitta 1.3 m:n korkeudelta 21.5 cm, tyvestä 25.5 cm ja 6 m:n korkeudelta 19.0 cm. Kaikki paksuusmitat ilman kuorta, koska kyseessä on kelo. Ikää ei määrätty, mutta puu on joka tapauksessa samaan sukupolveen kuuluva kuin edellisetkin.

Juuristoa tutkittiin vain osittain. Pääpintajuuria mitattiin tyvestään 14. Niiden läpimitat, horisontaalinen ensimmäisenä olivat: 100 × 180, 65 × 200, 50 × 130, 45, 100 × 155, 80, 55 × 120, 55 × 120, 55 × 110, 50 × 70, 30 × 50, 50 × 55, 70 × 115, 60 × 125 mm. Kymmenen ensiksi mainitun juuren tyvet olivat lähellä pintaa tai aivan sen tasalla. Viimeisten neljän vastaava syvyys vaihteli 35—45 cm:iin.

Puulla oli erittäin selvä kartiomainen paalujuuri, kuten selviää m.m. kuvasta 31. Paalujuuren paksuus tyvestä (syvyys 22 cm) oli 280 × 240 mm ja 0.5 m:n syvyydeltä 130 × 170. Runsas haaraantuminen alkaa 80 cm:n syvyydellä, ja haarat ulottuvat 1.35 m maanpinnan alapuolelle. Muita huomattavia syväjuuria lähellä puun tyveä on neljä. Eräs näistä, joka lähtee 0.5 m:n etäisyydeltä, näyttää ulottuneen pohjaveteen saakka.

Käsillä olevan ja ensimmäisen koepuun välisistä yhteenkasvettumista on jo edellä puhuttu.

Eräitä lisähavaintoja koealalla III. Kaivuukuopan seinämissä huomattiin männyn juuria enintään 40 cm:n syvyyteen. Enimmät olivat 20 cm:n vahvuisessa ylimmässä kerroksessa. Aivan kuopan reunalla olevan toisen koepuun keskusjuuret kyllä yltivät syvemmälle. Mutta esim. kolmannen koepuun (kelon) juuria ei huomattu 40 cm:ä syvemmällä. — Erikoiskaivauksia tehtiin eräiden varpujen juuriston tason selvittämiseksi. Niiden nojalla kulki kanervan juuristo pääasiassa n. 5 cm:n syvyydellä valkohiekassa; kärkiä oli kuitenkin usein humuksessa, ja paikoin kulki juuria 10, jopa 12 cm:n syvyydellä ruskeassa hiekassa. Kanervan juuria kaivaessa sai katkoa paljon männyn juuria. — Puolukan juuret kulkivat etupäässä humuksessa, paikoin kuitenkin valkohiekassa. — Variksenmarjan juuret olivat aivan pinnallisia.

KOEALA IV.

P a i k k a : Koeala sijaitsee puoli kilometriä ensimmäisestä tutkimusalasta luoteeseen Itäpuron kankaalla samassa pitäjässä ja valtionpuistossa kuin molemmat edellisetkin. K a i v u u a i k a : Heinäkuun alku, elokuun ja syyskuun vaihde v. 1923.

M e t s i k k ö : Tiheä, solakkarunkoinen, 85-vuotinen männikkö. Koivua on seassa arviolta 5 % kuutiosta. Alikasvukuusia siellä täällä. Metsikön keskipituus 10—13 m, keskiläpimitta ja kuutio ha:a kohti arviolta 14 cm ja 140 m³. Puukartta laadittiin. Mainittakoon, että koepuiden n:ot 1 ja 2 koillispuolella oli pitkähkö NW—SE suuntainen, muutaman metrin levyinen aukko.

K a s v i p e i t e : Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmäin lopussa. Yhtenäisen sammalpeitteen ohella antoi kasvillisuudelle leiman runsas varvusto, eniten puolukkaa ja kanervaa.

M e t s ä t y y p p i : Puolukkatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o : Maaperästä on tehty merkinnät kolmannen koepuun kaivuukuopan nojalla, mutta samanlaiset kerrokset huomattiin muidenkin puiden tyvellä. Merkintä on seuraava: humus 2—3 cm; valkomaakerros 3—10 cm; punaisen ruskea kerros hienoa maata, jossa eri muotoisia ja eri kokoisia kiviä (läpimitaltaan 10—50 cm), kuten valkomaassakin; kellertävän harmaa kivinen sora (kivet läpimitaltaan 0.5—5 cm, joukossa myös isoja) 30—40 cm; harmaa, savea muistuttava kerros, jossa on vähemmän kiviä kuin ylemmissä, tämä kerros alkaa 60—65 cm maanpinnasta. — Kivet ovat enimmäkseen kulmikkaita ja särmiltään pyöristymättömiä.

Se osa Itäpuron kangasta, jolla IV ja V:kin koela sijaitsevat, on matalahko moreenisaareke rämeitten keskellä. Siihen liittyy kapeaa kannasta myöten harjumainen kankaan pääosa, jonka vain kapea rämesalmeke erottaa Kirjosuon kankaasta, jolla edelliset kaksi koealaa sijaitsevat. Käsillä oleva koeala IV on tasaista maata, joka loivasti viettää itää kohti. Tällä suunnalla alkaa 30 m:n päässä koealan itäreunasta isovarpuinen räme. Lähellä rämeen reunaa on maa kosteampaa, ja männikön seassa on runsaammin kuusta ja koivua. — Koealan keskikohta on arvion mukaan n. metrin mainitun rämeen pintaa ylempänä.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t e l y : Koealalla on täydelleen selvitetty kolmen puun juuristot. Mainittakoon, että käytettyjen kartoitusruutujen sivuna oli 2 m.

K o e p u u n:o 1, mänty, jonkin verran viereisen puun ahdistama, mutta vielä tervelatvainen puu. Tarkempia tietoja seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
IV,1 Mänty *Pine*	81	9.70	3.60	8.0	26.8	0.0252

Latvus oli n. metrin levyinen. — Puu on viimeiset 40 vuotta kasvanut kohtalaisesti (vastaava lustojen leveys tyvileikkauksessa on paraimmalta puolen 5 cm), sitä ennen hyvin huonosti.

Juuristo on kokonaisuudessaan kaivettu esiin. Pintajuuristo nähdään kartalla n:o 4, jolla myös koepuut n:ot 2 ja 3 ovat edustettuina. Keskusympyrä piirrettiin, lisäksi kuva juurakosta.

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 2, 3, 4 m j.n.e.) on mitattu 6 pintajuurta, niistä 5 puun tyvestä lähtevää. Seuraavassa taulukossa on tietoja viimeksi mainituista.

Koepuu IV,1. *Sample tree IV,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	30	70	40	20	60
	vertik. *vertic.*	45	100	65	32	108
Diam. 1 m. tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		11	14	10	2	20
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		9	11	6	—	10
Pituus, m / *Length, m*		7.0	7.5	6.5	2.5	5.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		4.9	5.2	2.9	4.5	4.1

Juurten tyvilitteys ei ulotu metrin mittakohtaan, eipä edes 1/2 metriin asti. — Pintajuuriston yhteinen pituus on 44.5 m ja laajuus 32 m². Yhtä neliömetriä kohti tulee siis 1.4 m juurta. Syvyyden ja paksuuden puolesta mittaamatonta on 14 m ohuimpia juuria. Pintajuuriston keskisyvyydeksi on sattu 41 mittauksen nojalla 4.0 cm ja kuutiomääräksi 0.0067 m³. Tällöin on mittaamattoman osan keskivahvuutena pidetty 3 mm ja tehty sen mukainen lisäys kuutioon. Jotta saataisiin koko maanalaisen osan kuutio, on lisäksi otettava huomioon vain kannon alus, 0.0008 m³. Tulos on 0.0075 m³. Tämän osuus rungon kuutiomäärästä on 29.8 %.

Äskeisestä selvisi jo, ettei puulla ole ensinkään huomioon otettavaa vertikaalista juuristoa. Paalujuuresta ei ole jälkeäkään, sillä siksi alunperin kehittynyt juuri (nähtävästi juuri n:o 2) on taipunut sivulle päin ja muodostunut tavalliseksi pintajuureksi. Muitakaan vähänkään merkittäviä kohtisuoria juuria ei tavattu. — Mainittavia katkeamisia kaivettaessa ei ole sattunut.

Koepuu n:o 2, mänty, valtapuu. Muut tiedot taulukossa seuraavalla sivulla.

Latvuksen leveys oli n. 1.75 m.

Juuristo on kaivettu kokonaan. Pintajuuristosta saa käsityksen kartasta n:o 4, jossa myös kahden muun koepuun juuristot ovat nähtävissä. Keskusympyrä ja kuva

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
IV,2 Mänty *Pine*	87	13.50	6.50	12.8	21.1	0.0852

juurakosta piirrettiin karttaa täydentämään, niin ikään otettiin valokuva keskusjuuristosta, kuva 33. Lisäksi valokuvattiin osa pintajuuristoa, kuva 32. Tätä varten liiduttiin juuret, jotta ne paremmin erottautuisivat maanpinnasta.

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 2, 3, 4 m j.n.e.) on mitattu 17 pintajuurta, joista 9 pääjuurta. Niistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu IV,2. *Sample tree IV,2.*

Juuren mitat *Measurements of root* \ Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	34	85	11	14	14	55	15	42	25
	vertik. *vertic.*		119					25	70	40
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		11	22	7	5	10	14	7	4	10
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		3	20	4	—	3	11	—	—	2
Pituus, m *Length, m*		5.0	9.0	4.0	2.2	4.0	6.0	2.5	1.5	4.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		8.0	7.8	9.2	12.5	11.5	2.8	5.0	17.7	4.5

On merkille pantavaa, miten vähän vahvoja pintajuuria puheena olevalla koepuulla on. Lisäksi on huomattavaa, etteivät läheskään kaikki juuret ole tyvestään litteitä. — Pintajuurten pituus on 83.0 m ja vastaava laajuus 48 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 1.7 m juurta. Koko pituudesta on säännöllisin välimatkoin mitattua 67.5 m. Pintajuuriston keskisyvyydeksi on 84 mittauksen nojalla saatu 7.5 cm ja kuutiomääräksi 0.0097 m³. Tällöin on mittaamattoman osan keskivahvuudeksi oletettu 3 mm ja tehty kuutioon sen mukainen lisäys.

Jos käsillä olevan koepuun pintajuuristo olikin verraten heikko, on sen sijaan verti-

kaalinen tai vinosti alaspäin suuntautuva juuristo hyvin edustettu. Tämä selviää ehkä parhaiten kuvasta 33, joka esittää koepuun keskusjuuristoa. Mistään varsinaisesta paalujuuresta ei tässä tapauksessa voi puhua, paremminkin sopii sitä mutkittelevaa ja haarovaa juuriryhmää, joka pyrkii syvyyttä kohti, nimittää harojuuristoksi. Vahvin näistä juurista saa kyllä alkunsa suoraan kantoleikkauksen alta ja lienee puun alkuperäinen pääjuuri. Sen läpimitta tyvestään (16 cm:n syvyydellä) on 60 × 83 cm, mutta haaraantuu jo 25 cm lähtökohdastaan neljään päähaaraan, jotka sitten mutkitellen painuvat aina 95 cm:n ja metrin syvyyteen. Muut huomattavat syväjuuret ovat paljon ohuempia. Mainittakoon tärkeimpien tyviläpimitat: 38 × 45, 33 × 40, 30 × 40, 30 × 40, 30, 30, 10 × 30, 20. Nämä ulottuvat mikä puolen metrin, mikä 75 cm:n, mikä aina 90 cm:n syvyyteen. Paikoin kulkevat vertikaaliset juuret jonkin matkaa vaakasuorastikin. Varsinkin 75—100 cm:n syvyydellä näyttää niillä olevan tällaista taipumusta, mutta siellä täällä muuallakin tavataan lyhyehköjä vaakasuoria juuria tai juuren osia. Näitä ei kuitenkaan ole luettu horisontaaliseen juuristoon kuuluviksi,koska ne muutoin jyrkästi eroavat varsinaisesta pintajuuristosta. Eräiden juurten suhteen on ollut jonkin verran vaikeaa ratkaista, kumpaan ryhmään ne oikeammin kuuluvat. — Syväjuuriston kuutiomääräksi on saatu 0.0030 m³ ja kannon aluksen 0.0010 m³ eli yhteensä 0.0040 m³. Kun tähän lisätään vielä pintajuuriston kuutio, saadaan koko maanalaisen osan kuutiomääräksi 0.0137 m³. Verrattaessa tätä rungon kuutiosisältöön nähdään sen olevan 16.1 % viimeksi mainitusta.

Yhteenkasvettumista mainittakoon vain eräs vankka (tyveltään 30 × 50 mm) »siltajuuri», joka lähtee puun tyvestä ja yhtyy 15 cm:n päässä viereiseen vahvaan pintajuureen jatkumatta pitemmälle.

Katkeamia on syväjuuriston alemmissa osissa sattunut, mutta ei erikoisen merkittäviä.

K o e p u u n:o 3, mänty, tiheässä ryhmässä kasvava kapealatvuksinen valtapuu. Muut tiedot taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
IV,3 Mänty *Pine*	82	13.40	8.30	10.0	22.9	0.0573

Latvuksen leveys oli n. 1 m.

Juuristo on kaivettu kokonaan. Pintajuuristo nähdään samalla kartalla (n:o 4) kuin kahden edellisen koepuun. Keskusympyrä ja kuva juurakosta piirrettiin. Osa pintajuuristoa näkyy lisäksi pääasiassa edellistä koepuuta koskevassa valokuvassa, kuva 32.

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 2, 3, 4 m j.n.e.) on mitattu 12 pintajuurta, joista puun tyvestä lähteviä 7. Huomattavimmista tietoja seuraavassa.

Koepuu IV,3. *Sample tree IV,3.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	2	3	4	5	5 a
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	54	30	70	60	15	50	27
	vertik. / *vertic.*	58	20	140	130	35	105	40
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		13	10	20	16	2	8	4
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		7	5	15	10	—	—	—
Pituus, m / *Length, m*		5.0	6.0	9.5	5.5	2.5	2.0	2.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		4.3	5.1	8.2	5.7	2.5	30.0	6.5

Pintajuuriston pituus on 5 6 m ja vastaava laajuus 3 9 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 1.4 metriä juurta. Koko pituudesta on paksuuden ja syvyyden puolesta mitattu 39 m. Pintajuuriston keskisyvyydeksi on 54 mittauksen nojalla saatu 8.1 cm ja kuutiomääräksi 0.0099 m³. Mittaamattoman osan keskivahvuutena on tällöin pidetty 3 mm ja kuutioon tehty sen mukainen lisäys.

Jonkin verran syväjuuristoa on tälläkin koepuulla, joskaan ei läheskään siinä määrin kuin edellisellä. Mitään rungon jatkona alaspäin kasvavaa juurta ei ole. Vahvin syväjuuri alkaa, kuten pintajuuretkin, puun tyvestäsivulta päin ja kulkee sitten vinosti alaspäin saavuttaen 75 cm:n syvyyden. Tyvestään on juuren vahvuus 48 × 100 mm. Muut syväjuuret ovat pintajuurien alaspäisiä haaroja ja mitoiltaan paljon jäljessä äsken mainitusta. Ne lähtivät läheltä runkoa ja ulottuivat yleensä 65—70 cm:n syvyyteen. Saavutettuaan savimaisen harmaan kerroksen kääntyivät eräiden juurten latvat vaakasuoraan kulkien näin muutamia kymmeniä senttimetrejä. — Syväjuuriston kuutiomääräksi on saatu 0.0020 m³. Kun lisätään kannon aluksen kuutio, 0.0010 m³, sekä edellä esitetty pintajuuriston kuutiomäärä, on tuloksena 0.0129 m³, mikä siis on maanalaisen osan kuutiosisältö. Rungon kuutiosta on se 22.5 %.

Katkeamia on merkitty yksi 4 mm:n ja muutamia vähäpätöisempiä.

KOEALA V.

P a i k k a : Koeala sijaitsee samalla kankaalla kuin edellinenkin, n. 250 m siitä luoteeseen, siis Itäpuron kankaalla, Alaluostan valtionpuistossa Rautavaaran pitäjää. K a i v u u a i k a : Syyskuu v. 1923.

M e t s i k k ö : Tiheähkö, solakkarunkoinen, n. 95-vuotinen männikkö, seassa vähän koivua; kuusialikasvosta harvassa. Männyt ja samoin koivut ovat oksistaan korkealle

puhdistuneita. Arviolta on metsikön keskipituus 14 m, keskivahvuus 15 cm ja kuutio hehtaaria kohti 150 m³. — Puukartta valmistettu.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavana yhtenäisen sammalpeitteen ohella mainittakoon runsas varvusto, eniten puolukkaa.

Metsätyyppi: Puolukkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Koepuun kaivuukuopan mukaan on maaperästä tehty seuraava muistiinpano: 1) humus 1 cm, 2) valkomaa 2—10 cm, 3) kivinen sora 65—70 cm (kivet ovat keskimäärin 2—10 cm:n läpimittaisia, mutta joukossa on paljon suurempiakin), 4) harmaa, verraten kivetön, saven sekainen hiekka 4—30 cm, 5) kallio, jonka syvyys kuopan itäreunalla on 80 cm, länsireunalla 1 m (kuopan laajuus 80 cm).

Koeala sijaitsee pienehköllä moreenisaarekkeella rämeiden keskellä. Kalliota ei missään ole näkyvissä. Itse koeala viettää hyvin loivasti itään päin pientä kangaskorpipainannetta kohti; länsireuna taas laskeutuu vähän jyrkemmin lähellä olevaa (koealan reunasta 13 m länteen) niittyvillarämettä kohti. — Koeala on arviolta hiukan toista metriä mainitun rämeen pintaa ylempänä.

Juuristojen selvittely: Koealalla on selvitetty vain yhden puun juuristo. Käytettyjen kartoitusruutujen sivuna oli 2 m.

Koepuu n:o 1, mänty, normaalinen, hyvälatvuksinen valtapuu. Tietoja siitä seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
V,1 Mänty *Pine*	92	15.30	8.70	18.5	18.5	0.1963

Latvuksen leveys 2.70 m.

Juuristo on kokonaisuudessaan kaivettu esiin ja kartoitettu. Keskusympyrä piirrettiin ja juurakosta otettiin valokuva (kuva 34).

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 2, 3, 4 m j.n.e.) mitattiin 19 pintajuurta, joista 9 pääjuurta. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Merkille pantavaa on, että juuret melkoisista tyvimitoistaan huolimatta ovat silmiin pistävän lyhyitä. Usein on tyveltään ohut sivujuuri pitempi kuin monta vertaa vahvempi pääjuuri. Kuitenkin huomattakoon heti, että tyveltään vahvin pintajuuri (n:o 9) on 1 m:n kohdalta katkennut 13 mm:n vahvuisena. Todennäköisesti olisi se saavuttanut ainakin 4 m:n pituuden.

Koepuu V,1. *Sample tree V,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	3	4	4 a	4 b	5	8	9	9 a	10
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	31	51	71	31	10	91	58	91	77	53
	vertik. / *vertic.*	36	54	76			150	100	178	96	87
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		20	10	7	6	7	41×37	17	13	31×37	13
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		3	—	5	4	2.5	11	6	[1]	11	2
Pituus, m / *Length, m*		4.5	2.0	4.0	4.5	4.0	7.0	5.0	1.0	4.5	3.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm.*		5.8	9.5	7.8	6.0	5.2	4.6	3.7	4.0	3.3	9.8

[1]) Katkennut 1 m:n kohdalla. — *Broken at 1 m.*

Pintajuuriston yhteinen pituus on 83.5 m. Mutta jos tähän katkeamien varalta lisätään 6.5 m (juuren n:o 9 ja sen sivujuurten varalta 4.5 m ja muiden katkeamien — juurten n:o 5 ja n:o 7 sivujuurten — varalta 2.0 m), niin tullaan lähemmäksi todellista arvoa. Tulos on 90.0 m. Jos kartalla olevaa juuriston laajuutta (44 m²) myös katkeamien varalta lisätään edellyttäen, että yhtä lisättyä juurimetriä vastaa sama pinta-ala kuin kartalla olevaakin (n. $^1/_2$ m²), saadaan tulokseksi 47 m². Yhtä neliömetriä kohti tulee näin ollen 1.9 m juurta.

Syvyyden ja paksuuden puolesta mittaamatonta on pintajuurten yhteispituudesta 27.0 m. — Keskisyvyydeksi on saatu 71 mittauksen nojalla 6.3 cm ja kuutiomääräksi 0.0241 m³, johon edellä mainittujen katkeamien varalle on lisätty 0.0002 m³. Mittaamattoman osan keskivahvuutena on pidetty 4 mm ja tehty kuutioon myös tämän mukainen lisäys.

Syväjuurista ansaitsevat ennen muita huomiota kaksi paksua juurta, jotka kumpikin lähtevät rungon alta ja painuvat vankkoina suoraan alaspäin. Ne ulottuvat 75 cm:n syvyyteen ja haarovat runsaasti vasta lähellä mainittua tasoa päättyen siten äkkiä. Vahvempi näistä juurista on tyveltään 157 × 163 cm läpimitaltaan, heikompi 72 × 84 cm. Edellinen kyllä haaraantuu jo lähempänä pintaa, mutta uudet haarat painuvat verraten vankkoina edelleen alaspäin, joten koko keskussyväjuuristo saa pylväsmäisen näön (vrt. kuvaa 34). — Muita vertikaalisia juuria on pantu merkille neljä. Ne ovat syntyneet siten, että pintajuuri on kääntynyt kasvamaan pystysuoraan suuntaan. Eräs näistä syväjuurista on alas kääntyessään (75 cm:n päässä rungosta) vielä 17 mm:n paksuinen. Se ulottui 50 cm:n syvyyteen. Muut olivat etäämpänä rungosta ja paljon ohuempia, 4 mm:stä alaspäin. Niiden ulottuvaisuutta syvälle käsin ei tutkittu. — Syväjuuriston kuutiomääräksi on saatu 0.0065 m³, johon tulee lisäksi kannon aluksen kuutio 0.0051 m³. Näiden summa on 0.0116 m³.

Kun vielä otetaan huomioon pintajuuristo (0.0241 m³), on tuloksena koko maanalaisen osan kuutiosisältöä ilmoittava luku, nim. 0.0357 m³, joka rungon kuutiomäärästä on 18.2 %.

Katkeamisista on jo ollut puhe.

Kaivuukuopan reunassa on juuria havaittu 30 cm:n syvyyteen saakka.

KOEALA VI.

Paikka: Koeala sijaitsee Karinsalmen (Pitkälän) talon maalla lähellä sitä paikkaa, jossa Luostanjoki yhtyy Keyritynjokeen. Mainittu tila on Rautavaaran pitäjässä, mutta lähellä Säyneisen rajaa. Kaivuuaika: Syyskuun loppupuoli ja lokakuun alkupuoli v. 1923.

Metsikkö: Harvahko, koivun ja lepän sekainen, n. 45-vuotinen, hyötykasvuinen männikkö. Enimmäkseen ovat männyt paksu- ja leveäoksaisia sekä huonolatvaisia. Kuvaus koskee metsikköä sellaisena kuin se oli ennen edellisenä talvena toimitettua hakkuuta, jolloin parhaat puut kaadettiin ja metsä jäi aivan repaleiseksi. — Juuriston käsittämästä alueesta laadittiin puukartta.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Paikoittaisen varvuston ja sammaliston ohella esiintyy leiman antavana heinä- ja ruohokasvillisuus.

Metsätyyppi: Mustikkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Maaperästä on seuraava muistiinpano: Humuskerros 4—5 cm, sen alla tiivis savi, joka pinnalta n. 10 cm on hiukan punertavaa, muuttuu sitten kellertäväksi (n. 6 cm) ja vaalean harmaaksi. Puolta metriä syvemmälle ei ole kaivettu, koska sinne ei tunkeutunut juuria.

Koeala sijaitsee n. 50 m:n levyisessä notkossa, jonka pituussuunta on NE—SW. Reunat kohoavat loivasti kummallekin puolelle. Itse notko viettää koilliseen. — Koepuista kasvoivat muut itse painanteessa, paitsi viides, jonka kasvupaikka oli notkon itäreunalla, hiukan korkeammalla. Tällä kohtaa oli maaperäkin vähän poikkeavaa. Savi ei ollut yhtä kiinteää ja tuntui hiedan sekaiselta.

Juuristojen selvittely: Tutkittu on viiden männyn juuristoa. Näistä yhden (koepuu n:o 1) juuristo on selvitetty perusteellisesti, yhden (koepuu n:o 5) yleispiirtein ja kolmen (koepuut n:ot 2,3,4) suhteen on tehty vain eräitä havaintoja. Vielä on pääpiirtein tutkittu kahden pienen alikasvukuusen juuristot (koepuut no:t 6 ja 7). — Juuristojen kartoittamiseen ei ole käytetty ruutuja, vaan on määrämatkojen päähän koepuun rungosta kahdeksaan ilmansuuntaan lyöty paalut, joiden sekä mittaamisen avulla kartta on laadittu.

Koepuu n:o 1, mänty, valtapuu, leveä- ja vahvaoksainen, haaralatvainen, hyötykasvuinen. Lähempiä tietoja seuraavan sivun ensimmäisessä taulukossa.

Puheena oleva puu oli kaadettu edellisenä talvena. Latvus oli paikallaan; sen pituus oli 3.5 m ja välimatka kannosta 6 m. Tämän mukaan pääteltiin puun pituus, mikä verrattaessa jäljellä olevien puiden pituuksiin näytti olevan paikallaan. Varmoja eivät kuitenkaan ole pituutta, 6 m:n läpimittaa (latvuksen tyven läpimitta) ja kuutiota ilmoittavat luvut. Viimeksi mainittu on laskettu saatavissa olleiden mittojen mukaan vertaamalla muihin saman kokoisiin runkoihin. Iäksi on taulukkoon merkitty lustoluku 15 cm:n korkuisella kannolla. — Latvus oli 7.5 m:n kohdalta alkaen

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. kannolta (15 cm kork.), cm *Diam. of the stump (height 15 cm), cm*	Diam. 6 m kork., cm *Diam. at 6 m height, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
VI,1 Mänty *Pine*	43	(9.5)	21.0	(12.0)	(0.14)

2-haarainen ja lopuksi monihaarainen. Latvakasvain oli ollut puuta kaadettaessa kuollut.

Juuristo on selvitetty kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin, keskusympyrä piirrettiin ja tyveä ympäröivästä tiheästä pintajuuristosta otettiin pari valokuvaa, kuvat 35 ja 36.

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 2, 3, 4 m j.n.e.) on mitattu 24 juurta, joista puun tyvestä tai aivan läheltä sitä lähtee yhdeksän. Näistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu VI,1. *Sample tree VI,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	7	8	9	11	14	15	17
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	45	90	104	50	100	35	85	42	65
	vertik. *vertic.*		170	200	80	170	60	144	90	120
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		20	40	20	25	35	35×45	45×55	30	30
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		10	15	7	7	20	6	20	21	4
Pituus, m *Length, m*		9.0	7.0	3.5	8.0	11.5	7.0	8.0	10.0	7.5
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		7.2	10.4	9.7	10.6	9.1	7.9	8.4	6.1	7.7

Läheltä puun tyveä, enintäin 0.5 m siitä saavat alkunsa myös seuraavassa taulukossa esitettävät juuret, lukuun ottamatta juurta n:o 2 a, joka lähtee emäjuurestaan 1.3 m:n etäisyydellä puun tyvestä.

Koepuu VI,1. *Sample tree VI,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		2 a	3	4	5	6	10	12	13	16	18	19	21	22
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	15	20	20	41	30	35	30	40	25	40	10	50	15
	vertik. *vertic.*						30	40	60		47	44	90	30
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		10	11	7	17	10	10	43	50	4	14	8	46	12
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		12	6	2	8	6	5	6	7	—	9	2	10	6
Pituus, m *Length, m*		8.0	6.0	4.0	7.0	3.0	6.5	6.0	6.5	1.5	5.0	3.0	10.0	8.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		7.1	4.3	5.2	10.9	9.3	16.6	10.3	10.6	4.0	8.1	12.0	7.6	8.2

Näytteeksi esitetään seuraavassa vielä eräiden juurten mittaukset kokonaisuudessaan.

Koepuu VI,1. *Sample tree VI,1.*

Mittakohdat *Points of measurement*		tyvi *base*	0.5 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m	11 m
Juuri n:o 9 *The root no. 9*	Diam., mm	100 × 170	50 × 120	35	30	20	15	10	8	7	4	3	2	1.5
	Syvyys, cm *Depth, cm*	5	10	10	15	12	8	10	8	8	8	6	8	10
Juuri n:o 12 *The root no. 12*	Diam., mm	30 × 40	22	43	20	6	4	7	5					
	Syvyys, cm *Depth, cm*	15	15	10	10	5	14	5	8					
Juuri n:o 15 *The root no. 15*	Diam., mm	42 × 90	30 × 60	30	16	21	14	9	5	4	2	2		
	Syvyys, cm *Depth, cm*	11	8	10	4	2	6	7	5	5	6	5		
Juuri n:o 18 *The root no. 18*	Diam., mm	40 × 47	20 × 30	14	32	9	5	3						
	Syvyys, cm *Depth, cm*	15	5	10	5	5	5	12						

Huomiota ovat omiaan herättämään omituiset paksunnokset, joita on tavattu hyvin selvinä kahdeksalla juurella. Sattuu nim. niin, ettei juuri tyvestä kärkeen päin säännöllisesti ohene, vaan saattaa välillä vahventua sangen huomattavasti. Tämä ilmiö tavataan m.m. juurilla n:ot 12, 15 ja 18, joiden mittaukset edellä on esitetty. Paksunnokset sattuvat vastaavasti 1, 2.5 ja 2 m:n kohdille tyvestä lukien. Esim. juuri n:o 18 on 1.2 m tyvestään 9 mm:n vahvuinen, mutta 2 m:n kohdalta 32 mm kavetakseen taas 3 m:n mittakohtaan mentäessä samaan 9 mm:iin. Juuri n:o 21 taas on 6 m:n mittakohdalta 5 mm:n vahvuinen, 6.5 m:n päästä 10 × 12 mm ja 7 m tyvestään jälleen 5 mm.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 190.0 m ja laajuus 115 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 1.8 m juurta. — Syvyys- ja paksuusmittausta vailla on edellä mainitusta pituussummasta 39.5 m. Laskelmat perustuvat 195 syvyys- ja 226 paksuusmittaukseen. Keskisyvyydeksi on saatu 8.7 cm ja kuutiomääräksi 0.0578 m³. (Mittaamattoman osan keskivahvuutena on pidetty 3 mm ja sen mukainen lisäys siis tehty kuutioon.) Jälkimmäinen edustaa koko juuriston kuutiota, sillä minkäänlaista syväjuuristoa ei puulla ole, kuten selviää m.m. kuvasta 35, joka on otettu juuristosta altapäin tyven kohdalta. Jotta saataisiin koko maanalaisen osan kuutiomäärä, on vielä otettava huomioon kannon alus, jonka kuutio on 0.0052 m³. Koko maan peittämän osan kuutiosisältö tulee näin ollen olemaan 0.0630 m³, mikä rungon kuutiosta on 45.0 %.

Syväjuuriston puuttumisen korvaa pintajuuriston suhteellinen laajuus ja sen tavaton tiheys lähellä puun tyveä. Siitä saa jonkinlaisen käsityksen kuvista 35 ja 36. Tämä tiheä, melkein huopamainen verkosto ulottuu n. 1 ½ m puun tyvestä joka taholle.

Lähellä puun tyveä on tiheään punoutuneessa juurivyyhdessä lukuisia yhteenkasvettumia, joten väliin on vaikea sanoa, mistä mikin juuri alkaa. Myös tavataan kahta juurta yhdistäviä »siltoja», jotka eivät jatku sen pitemmälle.

Huolimatta erittäin sitkeästä humuspeitteestä ei pahoja katkeamia ole sattunut. Vahvimmat ovat yksi 6 mm:n ja kaksi 5 mm:n, jota paitsi on merkitty puoli tusinaa vähäpätöisempiä katkeamia.

Koepuut n:ot 2, 3 ja 4 ovat mäntyjä, jotka ovat kasvaneet muutaman metrin päässä ensimmäisestä koepuusta. Niistä pantiin merkille ainoastaan syväjuuristo. Koepuu n:o 2 oli tyvestään 20 cm:n vahvuinen ja kaadettu edellisenä talvena. Sillä oli lähes 0.5 m:n syvyyteen ulottuva, hyvin haarova, paalujuuren tapainen tynkä. Koepuut n:ot 3 ja 4 olivat tyveltään 15 ja 7 cm. Itse puut oli kaadettu jo muutamia vuosia sitten. Niiden juuristo oli pelkästään pintamyötäinen. Paalujuuresta ei ollut jälkeäkään.

Koepuu n:o 5, mänty, kasvoi notkon itäreunalla jonkin verran korkeammalla kuin koepuu n:o 1. Metsikkö oli täällä tiheähkö, josta johtuen puun muoto oli hyvä. Latvus oli niin ikään kaunis. Puu oli kaadettu edellisenä talvena, mutta runko oli jäljellä. Lähinnä seuraavassa taulukossa muita puuta koskevia tietoja.

Iäksi on merkitty lustoluku 16 cm:n korkuisella kannolla.

Juuristoa ei selvitetty niin tarkkaan kuin esim. ensimmäisen koepuun. Niinpä useita pintajuuria ei seurattu loppuun asti, samoin jäi paalujuuren kärki esille kaivamatta. Juurikarttaa ei piirretty, mutta kyllä keskusympyrä. Sekä paksuus- että syvyysmittauksia on säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5, m j.n.e.) toimitettu sikäli kuin juuria on esiin kaivettu. Kaikkiaan on tehty 86 vahvuus- ja 74 syvyysmittausta. — Tyveä ympäröivä juuriverkko on melko tiheä, joskaan se ei lähimainkaan ole verrattavissa ensimmäisen koepuun vastaavaan verkostoon. Tyvestä tai aivan

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. kannolta (16 cm kork.), cm *Diam. of the stump (height 16 cm), cm*	Diam. 6 m kork., cm *Diam. at 6 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*
VI,5 Mänty *Pine*	40	12.85	17.0	10.0	32.1

läheltä sitä saa alkunsa 20 mitattua pintajuurta. Seuraavassa taulukossa esitetään tietoja niistä. Pituus ilmoitetaan vain siinä tapauksessa, että juuri on kaivettu loppuun asti tai katkennut hyvin ohuena.

Koepuu VI,5. *Sample tree VI,5.*

Juuren mitat / *Measurements of root*	Juuren n:o / *No. of root*	1	2	3	4	5	7	8	17	18	20
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	60	50	25	55	50	20	20	20	20	30
	vertik. *vertic.*	110	80		70	70			30		
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		20	8	8	5	9	3	2	6	5	3
Pituus, m *Length, m*		6.0	5.0	.	3.0	.	2.5	1.0	4.0	3.5	2.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		10.0	8.8	8.7	8.3	11.8	8.7	12.0	15.0	32.5	33.0

Jatkoa. — *Continued.*

Juuren mitat / *Measurements of root*	Juuren n:o / *No. of root*	6	9	10	11	12	13	14	15	16	19
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	40	10	60	25	40	30	25	30	30	30
	vertik. *vertic.*	50		80					50		
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		10	4	10	8	7	6	5	7	5	3
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		8.8	8.7	7.3	7.3	17.5	17.5	15.0	18.0	9.0	25.0

Voidaan panna merkille, etteivät puoletkaan juurista ole tyvestään litteitä. Toisekseen herättää huomiota ensimmäiseen koepuuhun verrattuna useiden juurten suuri syvyys. Pintajuuriston keskisyvyydeksi onkin saatu 73 mittauksen nojalla 13.5 cm. Voinee ajatella, ettei tässä tapauksessa juurten pituuksilla punnittua keskisyvyyttä hyödytä laskea, kun ei koko juuristoa ole kaivettu. Kaikkien syvyysmittausten aritmeettinen keskiarvo on kuitenkin aivan sama luku, mikä osoittaa, ettei kaivettaessa ole erikoisesti suosittu lähinnä pintaa kulkevia juuria. Pintajuuriston kuutiomäärää tai kokonaispituutta ei tietenkään ole hyödyttänyt laskea.

Syväjuuristo on odottamattoman hyvin kehittynyt. Keskusympyrään (säde 1 m) on merkitty seitsemän läheltä puun tyveä lähtevää syväjuurta. Näistä on kaivettu pari huomattavinta. Ne olivat tyveltään 20—25 mm:n vahvuisia ja ulottuivat ainakin 0.5 m:n syvyyteen, jossa läpimitta oli vielä pari mm. Syväjuuret, joita lähti pintajuurista etäämpänäkin (erään on merkitty lähtevän lähes 3 m:n päässä puusta), olivat usein luutamaisia näöltään. Tyvi oli paljas, mutta syvempänä lähti runsaasti viistoja haaroja, jotka muodostivat tiheän rykelmän. Puulla oli myös selvä paalujuuri, joka ulottui vankkana lähes 40 cm:n syvyyteen, mutta kapeni sitten äkkiä, siitä kun näiltä tienoin lähti useita vaakasuoria juuria. Ainakin 0.5 m:n syvyyteen tunkeutui paalujuuri. Syvemmälle ei kaivettu, joten lopullista ulottuvaisuutta ei todettu. Pitkälle se tuskin kuitenkaan enää vertikaaliseen suuntaan kasvoi. — Tässä yhteydessä merkittäköön FROSTERUKSEN ja WILKMANin (1917) maininta, että »Muuruveden ja Akonveden välillä Nilsiässä on kerrallisen saven päällä ruskeata kerroksetonta pintasavea, jota kasvien juuret lävistävät». Savi oli puheena olevan koepuun luona syvemmälle ruskeaa kuin ensimmäisen koepuun paikalla. Kerroksetonta se niin ikään oli. Kaikesta päättäen on kyseessä samanlainen Ancylus-savi, josta FROSTERUS ja WILKMAN edellä lainatussa kohdassa mainitsevat. Huomattakoon muuten, että puheena olleen Joensuun lehden maalajikartan selityksen mukaan ei kaakkois-Rautavaaralla tavata savikerrostumia juuri ollenkaan.

Koepuu n:o 6, kuusi, alikasvokseen kuuluva, sijaitsee ensimmäisen koepuun juuriston piirissä. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. tyvestä, cm *Base diam., cm*	3 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 3 years, cm*
VI,6 Kuusi *Spruce*	30	2.40	5.5	17.0

Latvuksen leveys kapeimpaan suuntaan 1.30, leveimpään 2.30 m.

Syväjuuria ei ollut ensinkään. Pääpintajuuria oli kolme. Niistä tietoja seuraavan sivun ensimmäisessä taulukossa.

Pintajuurten yhteinen pituus juurikartan mukaan oli 13.0 m ja juuriston laajuus 12 m². Juuret kulkivat aivan lähellä pintaa 2—3 cm:n syvyydellä.

Koepuu VI,6. *Sample tree VI,6.*

Juuren n:o / *No. of root* — Juuren mitat / *Measurements of root*	1	2	3
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	37	36	38
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*	16	30	18
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*	16	10	14
Diam. 2 m tyvestä, mm / *Diam. at 2 m from the base, mm*	7		6
Pituus, m / *Length, m*	3.5	2.0	4.0

Koepuu n:o 7, kuusi, alikasvokseen kuuluva, sijaitsee ensimmäisen koepuun juuriston piirissä. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Tyvidiam., cm / *Base diam., cm*	3 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average ann. height increment of the last 3 years, cm*
VI,7 Kuusi *Spruce*	30	1.66	3.8	7.0

Latvuksen leveys kapeimmalta puolen oli 1 m ja leveimmältä 1.70 m.

Mitään syväjuuria ei ollut. Pääpintajuuria oli neljä. Tietoja niistä seuraavassa taulukossa.

Koepuu VI,7. *Sample tree VI,7.*

Juuren n:o / *No. of root* — Juuren mitat / *Measurements of root*	1	2	3	4
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	15	21	18	17
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*	8	5	6	3
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*	6	5	4	2
Pituus, m / *Length, m*	2.0	2.0	1.5	1.5

Pintajuurten yhteinen pituus on 12.0 m ja juuriston laajuus 10 m². Juuret kulkivat humuksessa aivan lähellä pintaa.

KOEALA VII.

Paikka: Koeala sijaitsee Rautavaaran pitäjässä, Gutzeit yhtiön maalla, maantien varressa, n. kilometrin päässä Hankamäen majatalosta etelään päin. Kaivuuaika: Lokakuun alku v. 1923.

Metsikkö: Siellä täällä kulon säästämiä, leveäoksaisia, lakkapäisiä mäntyjä. Tutkitun puun lähimmät naapurit kasvoivat 12, 14 ja 15 m:n päässä siitä. Taimisto on harvahko. Suurimmat taimet (0.5—2 m:n korkuiset) ovat kohtalaisen hyväkasvuisia. Pienemmät kituvia, mutkikkaita.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavina esiintyvät kanerva ja jäkälät.

Metsätyyppi: Kanervatyyppi.

Maaperä ja maasto: Muutaman metrin päässä tutkitusta puusta kaakkoon on kaivuukuopan mukaan tehty seuraava merkintä maaperästä: Humus 1.5 cm, valkohiekka 2—4 cm, ruskea hiekka 50 cm, vaalea hieno hiekka. — Maanpinnasta 1.5 m:n etäisyydellä on ohut, n. 5 cm:n vahvuinen, ruskea, jonkin verran kovettunut kerros, jonka kappaleita kuitenkin voi käsin murentaa. Tämän kovan kerroksen alla on taas vaaleaa hiekkaa. — Lähellä koepuuta oli ruskeaa hiekkaa ohuempi kerros (10—20 cm) ja sen alla vaaleaa, karkeaa hiekkaa. Täällä oli myös ruskohiekka paikoin kovettunut palsimaiseksi. Se oli käsin murennettavaa, mutta teki kaivaessa haittaa.

Se laajahko, aaltoileva hiekkakangas, jolla koeala sijaitsee, liittyy Alaluostan harjujonoon (vertaa FROSTERUS ja WILKMAN, 1917). Luostanjoki on kaivuupaikalta vain kilometrin päässä itään päin. Itse koeala viettää tutkitusta puusta alkaen kaakkoon pientä isovarpurämettä kohti. Muu osa on tasaista.

Juuristojen selvittely: Yhden koepuun juuristoa on tutkittu kaivamalla eräitä pintajuuria esille. Lisäksi on tehty havaintoja erään pikku puun suhteen, jonka juuristo oli kasvanut yhteen edellä mainitun kanssa. Juuristoa kartoitettaessa käytettiin maalle merkittyjä ruutuja, joiden sivu oli 2 m.

Koepuu n:o 1, mänty, pitkät ajat yksikseen kasvanut, laajalatvuksinen, lakkapäinen, lyhytrunkoinen puu. Muita tietoja seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. (lustoja 1.3 m korkeudella) *Age, years (ann. rings at 1.3 m height)*	Pituus, m (hypsometrimittaus) *Height, m (hypsometer measurement)*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	Diam. 6 m kork., cm (arviolta) *Diam. at 6 m height, cm (estimated)*
VII,1 Mänty *Pine*	115	15	6	36.8	20

Kairaus osoitti, että puu oli tyvestään laho keskeltä, jonka vuoksi lustot luettiin

rinnankorkeudelta otetusta lastusta. Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 6.5 m ja suuntaan W—E 8.0 m. Latvusprojektio on kuvattuna juurikartalla (kartta n:o 5). — Puu kasvoi matalan (n. 1 m:n syvyisen) hiekkakuopan reunalla. Sen lännen puoleiset juuret olivat hiljattain paljastuneet lähelle puun tyveä.

Kokonaisuudessaan kaivettiin esiin neljä puun tyvestä lähtevää juurta sivujuurineen. Vain läheltä runkoa paljastettiin kaikki lähellä pintaa kulkevat juuret, jotta keskusympyrä saatiin piirretyksi. Esille kaivetuista juurista antaa käsityksen kartta n:o 5. Kaakkoon suuntautuvat juuret näkyvät myös miltei kokonaan puusta viistoon alas otetussa valokuvassa, kuva 37. Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin 13 pintajuurta, näistä, kuten mainittu 4 pääjuurta. Oikeastaan ovat juuret, n:ot 1 ja 2 saman, 0.5 m rungosta kahtia jakautuvan juuren haaroja. Mutta kun ne olivat jokseenkin yhtä paksuja, käsiteltiin ne eri juurina, ja tyveksi merkittiin haarautumiskohta. Yhteisen tyven vahvuus rungosta lähtiessä oli 162 × 350 mm. — Tärkeimmistä juurista esitetään tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu VII,1. *Sample tree VII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root*	Juuren n:o / *No. of root*	1	2	2 a	3	3 c	4	4 a	4 b
Tyvidiam. mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	90	100	25	145	35	170	23	20
	vertik. / *vertic.*	100	120		265		[1]		
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		70	65	25	100×115	30	50	20	15
Diam. 5 m tyvestä, mm / *Diam. at 5 m from the base, mm*		25	40	10	33	25	30	10	5
Pituus, m / *Length, m*		8.0	22.0	14.0	14.0	14.5	23.5	12.0	11.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		8.3	10.4	13.7	10.1	9.0	8.4	7.3	3.9

[1]) Ei mitattu. — *No measurement available.*

Huomiota ovat omansa herättämään juurten tavattomat pituusmitat. Niin pitkiä juuria kuin n:ot 2 ja 4 ei ole tavattu millään muulla koealalla. Mahdollista voi olla, että lännen puoleisten juurten toiminnan taukoaminen (hiekan oton takia) on kiihoittanut muualle suuntautuvien juurien kasvua. Joka tapauksessa on pintajuurten muuallakin laihoilla hiekkakankailla (esim. koealalla II) nähty ulottuvan kauas rungosta. Lisäksi eivät tässä mitkään naapuripuut olleet häiritsemässä juurten kulkua. Näytteeksi otettakoon tähän pisimmän juuren mittaukset kokonaisuudessaan (taulukko seuraavalla sivulla).

Kartoitetun juuriston osan yhteinen pituus on 323.5 m, ja kun kaivettu osa on tuskin enempää kuin 1/4 koko juuristosta, saadaan arviolta koko puun pintajuuriston pituudeksi 1 300 m. Kuutiomääräksi mitatulle pintajuuriston osalle (sen pituus 160 m)

Koepuu VII,1. *Sample tree VII,1.*

Mittakohdat *Points of measurement*		tyvi *base*	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	11 m	13 m	15 m	17 m	19 m	21 m	23 m
Juuri n:o 4 *The root no. 4*	Diam., mm	170× ?	50	35	30	27	25	14	12	9	6	5	2.5	1
	Syvyys, cm *Depth, cm*	—	3	6	7	—	6	10	10	10	12	13	20	12

on saatu 0.1348 m³, mikä luku voidaan korottaa 0.14 m³:ksi, kun mittaamattoman osan varalta tehdään korjaus pitäen 4 mm keskivahvuutena. Jos otetaan tämä nelinkertaisena (kahdella desimaalilla lausuttuna on se 0.56 m³) ja verrataan sitä rungon kuutioon, joka on 0.7 m³:n vaiheilla, niin huomataan, miten tavattoman %-määrän (80.0 %) jo yksin pintajuuriston kuutio muodostaa runkoon verrattuna.

Pintajuuriston keskisyvyydeksi on saatu tehtyjen 90 mittauksen nojalla 8.9 cm. Lukua on omiaan jonkin verran korottamaan se seikka, että eräs juurista ulottuu läheiselle suolle ja kulkee useita metrejä verraten syvällä (20 cm) turpeessa. Toiselta puolen on puulla varmaan myös melko syvältä lähteviä vaakasuoria juuria, joskin ne nähtävästi ennen pitkää nousevat pintaan. Eräs tällainen pantiin merkille, ilman että sitä kokonaan kaivettiin esille. Se ei siis kuulu varsinaisesti mitattuihin juuriin eikä vaikuta ilmoitettuun keskisyvyyslukuun. Tämä juuri lähti puun tyvestä 35 cm:n syvyydeltä ja kulki 2 metriä pysytellen n. 30 cm:n syvyydellä, mutta nousi tällöin pintaan. Vain pieni haara jäi edelleen syvälle ja painui kohta suoraan alaspäin. Jo ennen kuin puheena oleva juuri nousi pintaan, lähetti se pieniä vertikaalisia haaroja ylöspäin lähelle maanpintaa.

Syväjuuristostakin tehtiin eräitä huomioita. Todettiin ensinnäkin, että puulla oli vankka paalujuuri, jota ei kuitenkaan sen enempää selvitetty. Myös pantiin merkille ainakin pari vahvaa syväjuurta lähellä puun tyveä. Ne lähtivät juurista n:ot 1 ja 2 niiden alaspäisinä haaroina 0.5 m:n ja 1 m:n etäisyydellä puusta. Tyvestään olivat juuret 85 × 98 mm:n ja 55 mm:n vahvuisia. Kauempana puusta merkittiin useitakin syväjuuria. Näistä yksi oli juuren 2 a sivujuuri ja kulki aluksi 1.5 m vaakasuorasti. Sitten se kääntyi äkkiä alaspäin ollen vielä 29 mm:n vahvuinen. Juurta seurattiin 165 cm:n syvyyteen, jossa siitä äärimmäisiä latvoja katkesi. Pohjavesi saavutettiin 160 cm:n syvyydessä. Kaivuupaikka oli puusta 4.5 m:n etäisyydellä kaakkoon päin. Itse puun kohta oli muutamia kymmeniä senttimetrejä ylempänä ja siis pohjavesikin vastaavasti syvemmällä. Ei kuitenkaan ole mitään syytä epäillä, etteivätkö kaikki puun syväjuuret yltäisi pohjaveteen.

K o e p u u n : o 2, mänty, sijaitsee 1 m:n etäisyydellä ensimmäisestä koepuusta. Itse puu on aikoja sitten kuollut, nähtävästi kulon vaikutuksesta, koska sen kanto on aivan hiiltynyt. Tyvidiametri on 5.2 cm. Puu on tyvestään kasvanut lujasti kiinni kahteen ison puun (ensimmäisen koepuun) juureen. Tästä johtuu, että juurakko on pysynyt hengissä. Enin osa omista juurista on kyllä kuollut, mutta tähän on syynä se, että ne ovat hiekkakuopan laajetessa paljastuneet. Eräs pikkujuuri ja yhteys isoon puuhun pitivät juurakkoa hengissä. Mainittakoon vielä, että ison puun juuret oli hakattu poikki sen vastaiselta puolen aivan läheltä pientä puuta.

KOEALA VIII.

P a i k k a : Koeala sijaitsee Rautavaaran pitäjässä, Yläluostan valtionpuistossa, lähellä Ikolan metsänvartijatorppaa, Rautavaaran kirkolta Nurmekseen vievän maantien varressa. K a i v u u a i k a : Syys- ja lokakuun vaihde v. 1923.

M e t s i k k ö : Kaunis, täysitiheä, 37-vuotinen männikkö. Sekapuuna jokunen koivu ja leppä, kuusialikasvos harvanlainen. Kuutiomäärä ha:a kohti 130 m³. — Puukartta on laadittu.

K a s v i p e i t e : Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavana on puolukan ja kanervan varvusto.

M e t s ä t y y p p i : Puolukkatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o : Humuskerroksen vahvuus on merkitty 0.5 cm:ksi. Sen alla on valkomaata 10 cm, sitten ruskean väristä moreenia, jossa runsaasti eri suuruisia kiviä, joukossa myös kangella väännettäviä lohkareita. Kivet olivat osittain särmiltään pyöristyneitä. Koealan paikka ja kangas yleensäkin oli tasaista moreenimaata.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n : Aluksi mainittakoon, että koealan tutki tarkkojen kirjallisten ja myös suullisten ohjeiden mukaan kolme metsänhoidon ylioppilasta. Paikan oli allekirjoittanut määrännyt. Kaikkiaan selvitettiin neljän puun juuristoa, näistä kaksi mäntyä ja kaksi kuusta. Juuristot kaivettiin enimmäkseen esille vain osittain. Juurten kartoittamista varten jaettiin maa ruutuihin, joiden sivu oli 2 m.

K o e p u u n : o 1, mänty, hyväkasvuinen valtapuu. Seuraavassa muita tietoja.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
VIII,1 Mänty *Pine*	38	10.95	3.30	15.7	33.5	0.1120

Latvuksen leveys on N—S suuntaan 2.20 m ja W—E suuntaan 3.30 m.

Vain kolme pääpintajuurta kaivettiin täydelleen; muu pintajuuristo selvitettiin vain 1 m:n päähän rungosta. Vielä kaivettiin esiin lähellä puun tyveä oleva syväjuuristo. Vaakasuoran juuriston paljastettu osa kartoitettiin, juurakosta tehtiin piirros. Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin kolme pääpintajuurta ja kolme näiden sivujuurta. Seuraavassa taulukossa eräitä tietoja pääjuurista.

Koepuu VIII,1. *Sample tree VIII,1.*

Juuren n:o *No. of root*	Pituus, m *Length, m*	Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*	Diam., mm mittakohdilta *Diam. at the following points of measurement, mm*				
			tyvi *base*		1 m		3 m
			horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	
5	9.5	15.7	50	80	22	31	15
6	12.0	10.6	80	110	17	23	15
13	7.5	17.7	54	60	17	19	9

Muista pintajuurista on tiedot vain vahvuudesta 1 m:n etäisyydellä puusta ja syvyydestä samalla kohtaa. Seuraavassa taulukossa esitetään nämä tiedot 17 juuresta. Ne eivät läheskään kaikki ole puun tyvestä lähteviä.

Koepuu VIII,1. *Sample tree VIII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Diam. 1 m etäis:llä puusta, mm *Diam. at 1 m from the tree, mm*	horis. *horiz.*	7	12	7	6	22	17	9	11	8	9	25	16	16	17	20	8	15
	vertik. *vertic.*	10	30	8		31	23				13	33	18	19		25		
Syvyys 1 m etäis:llä, cm *Depth at 1 m distance, cm*		75	13	60	70	5	20	30	11	23	21	27	5	12	28	14	30	16

Laskemalla yllä olevien syvyyslukujen keskiarvo saadaan tulokseksi 26.5 cm. Jos syvyydet punnitaan vahvuuksilla, on keskiarvo 21.5 cm. Tätä lukua on pidettävä oikeampana sikäli, että paksumman juuren syvyys painaa enemmän kuin ohuen. Ulottuuhan yleensä paksu juuri pitemmälle kuin ohut, ja suurin piirtein säilyttävät juuret tasonsa. Kuitenkaan ei mainittu luku ole suorastaan verrattavissa pituuksilla punnittuun syvyyteen, mutta antaa kuitenkin jonkinlaisen käsityksen juuriston tasosta.

Syväjuurista mainittakoon ensin tyypillinen paalujuuri, joka tyvestään oli 150 × 160 mm, puoli metriä alempana 66 mm ja ulottui 1 m:n syvyyteen haaraantuen lopuksi useaan pikkuhaaraan. Läheltä puun tyveä lähtee useita vertikaalisia juuria. Näistä monet eivät ulotu syvälle, vaan hajaantuvat luutamaisiksi. Eräs tyvestään 40 × 45 mm:n vahvuinen juuri tunkeutuu kuitenkin suunnilleen yhtä syvälle kuin paalujuurikin.

Yhteenkasvettumista huomattavin on n. puolen metrin päässä puun tyvestä. Toisiinsa yhtyneet vankat pintajuuret muodostavat välilleen kolmion muotoisen kuvion.

Koepuu n:o 2, mänty, valtapuu, jonka paksuuskasvuun kuitenkin viereinen isompi puu on vaikuttanut ehkäisevästi. Tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
VIII,2 Mänty *Pine*	37	10.80	4.00	12.6	3.9	0.0740

Latvuksen leveys suuntaan N—S on 2.40 m ja suuntaan W—E 2.60 m.

Kokonaisuudessaan kaivettiin esiin kolme pääpintajuurta, muut selvitettiin vain 1 m:n etäisyyteen rungosta. Vaakasuoran juuriston paljastettu osa kartoitettiin. Puun tyven lähellä oleva syväjuuristo kaivettiin esille ja juurakosta tehtiin piirros. — Säännöllisesti mitattiin (mittakohdat: tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) kuusi juurta, joista kolme pääjuurta. Niistä tietoja seuraavassa.

Koepuu VIII,2. *Sample tree VIII,2.*

Juuren n:o *No. of root*	Pituus, m *Length, m*	Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*	Diam., mm mittakohdilta *Diam. at the following points of measurement, mm*				
			tyvi *base*		1 m		3 m
			horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	
1	10.5	12.1	64	87	16	19	15
4	8.0	13.0	33	41	13	15	10
9	5.0	•	22	53	16	17	6

Muiden pintajuurten mittaaminen supistui vain vahvuuden ja syvyyden merkitsemiseen 1 m:n mittakohdalta. Tulokset nähdään taulukossa seuraavan sivun alussa.

Yllä olevien syvyyslukujen keskiarvo on 19.5 cm ja vahvuuksilla punnittu keskiarvo (vrt. ed. koepuun selostusta) 16.8 cm.

Syväjuuristo muistuttaa suuresti edellisen koepuun vastaavaa osaa. Tälläkin puulla on tyypillinen paalujuuri, joka ulottuu 80 cm:n syvyyteen ja haaraantuu päästään luutamaiseksi. Paalujuuren paksuus tyvestään on 130 × 180 mm ja 65 cm:n syvyydellä 50 mm. Joitakin syväjuuria erkanee pintajuurista lähellä tyveä, mutta niitä on vähemmän kuin edellisellä koepuulla.

Pari pintajuurta (n:ot 8 ja 9) on 15 cm:n päässä tyvestä kasvanut sivuistaan yhteen. Kasvettuman pituus on 8 cm.

Koepuu VIII,2. *Sample tree VIII,2.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Diam. 1 m etäis:llä puusta, mm / *Diam. at 1 m from the tree, mm*	horis. / *horiz.*	16	20	8	13	16	20	2	13	16	11	11
	vertik. / *vertic.*	19	35		15		24			17		15
Syvyys 1 m etäis:llä, cm / *Depth at 1 m distance, cm*		11	21	56	13	40	8	20	6	15	16	9

K o e p u u n : o 3, kuusi, alikasvokseen kuuluva. Sen pituus oli 95 cm, läpimitta tyvestä 2.1 cm ja ikä 37 vuotta. Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 1.8 m ja suuntaan W—E 1.5 m.

Pintajuuristo kaivettiin kokonaisuudessaan esiin ja kartoitettiin, mutta mitään mittauksia ei tehty. Pintajuuriston yhteinen pituus oli 3 0 . 0 m ja laajuus 1 5 m²; 1 m²:ä kohti tulee siis 2.0 m juurta. Merkittäviä syväjuuria ei ollut.

K o e p u u n : o 4, kuusi, alikasvokseen kuuluva, mutta edellistä koepuuta tuntuvasti vauraampi. Tietoja siitä seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Diam. 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	Tyvidiam., cm / *Base diam., cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ / *Volume, cbm.*
VIII,4 Kuusi *Spruce*	37	3.75	4.9	6.3	8.2	0.0022

Latvuksen leveys suuntaan N—S 1.7 m ja suuntaan W—E 1.9 m.

Kaksi pääpintajuurta kaivettiin kokonaan ja kartoitettiin, muu pintajuuristo vain 1 m:n päähän rungosta. Mainitut kaksi pintajuurta mitattiin vahvuudeltaan säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) Niistä tietoja seuraavassa.

Koepuu VIII,4. *Sample tree VIII,4.*

Juuren n:o *No. of root*	Pituus, m *Length, m*	Syvyys 1 m tyvestä, cm *Depth at 1 m from the base, cm*	Diam., mm mittakohdilta *Diam. at the following points of measurement, mm*				
			tyvi *base*		1 m		3 m
			horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	
2	10.5	6.0	46	62	16	19	7
3	13.5	4.0	22	40	12		7

Kahdeksan pintajuuren paksuus- ja syvyysmitat 1 m:n etäisyydellä puusta nähdään alla olevasta taulukosta.

Koepuu VIII,4. *Sample tree VIII,4.*

Juuren mitat *Measurements of root* / Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8
Diam. 1 m etäis:llä puusta, mm *Diam. at 1 m from the tree, mm*	horis. *horiz.*	9	16	12	4	5	10	4	3
	vertik. *vertic.*		19						
Syvyys 1 m etäis:llä, cm *Depth at 1 m distance, cm*		11	6	4	8	5	4	14	3

Edellä esitettyjen syvyyslukujen keskiarvo on 6.9 cm ja vahvuuksilla punnittu (vrt. ensimmäisen koepuun selostusta) 6.4 cm. — Merkittäviä syväjuuria ei ollut.

KOEALA IX.

P a i k k a : Koeala sijaitsee samassa pitäjässä ja valtionpuistossa kuin edellinenkin, n. 1 km Ikolan metsänvartijatilalta pohjoiseen, kankaalla, jonka nimenä on Kokkomäen aho. K a i v u u a i k a : Syys- ja lokakuun vaihde v. 1923.

M e t s i k k ö : Hyväkasvuinen, komea 70-vuotinen männikkö, seassa koivua ja paikoin kuusta. Kuusialikasvos on runsas. Mäntyjä on kuutiomäärästä 60 %. Valtapuitten pituus on 17 m. Kuutiomäärä ha:a kohti 210 m^3. — Puukartta on laadittu.

K a s v i p e i t e : Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavia yhtenäisen sammalpeitteen sekä mustikan varvuston ohella ovat siroteltuina esiintyvät ruohot ja heinät.

M e t s ä t y y p p i : Mustikkatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o : Humuskerroksen vahvuus on merkitty 1 cm:ksi. Valkomaata on 15 cm , sen alla ruskea moreeni, jossa runsaasti kiviä, enimmäkseen

nyrkin kokoista suurempia, joukossa myös kangella väännettäviä. Kivet ovat kulmikkaita. — Kangas, jolla koeala sijaitsee, on laajahko (n. 20 ha) ja yleensä tasainen, mutta huomattavasti ympäröiviä soita ylempänä, joten ei soistumista tavata.

Juuristojen selvittäminen: Työt tällä koealalla suorittivat samat metsänhoidon ylioppilaat, jotka selvittivät edellisenkin koealan. Tarkat suulliset ja kirjalliset ohjeet annettiin ennen töihin ryhtymistä. Paikan määräsi allekirjoittanut. — Kaikkiaan tutkittiin viiden puun juuristoja. Näistä oli yksi mänty, yksi koivu ja kolme kuusta. Enimmät juuristot kaivettiin esiin vain osittain. Kartoitusruudun sivu oli 2 m.

Koepuu n:o 1, mänty, komea valtapuu. Seuraavassa tietoja siitä.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
IX,1 Mänty *Pine*	70	20.30	11.40	23.0	22.5	0.3724

Latvuksen leveys N—S suuntaan on 4.5 m ja W—E suuntaan 4.0 m.

Pääpintajuurista on neljä täydelleen kaivettu esiin, muut selvitettiin vain 1 m:n päähän rungosta. Keskussyväjuuristo kaivettiin myös. Esille saatu pintajuuristo kartoitettiin ja juurakosta tehtiin piirros. Mainitut neljä pintajuurta sekä kymmenkunta niiden sivujuuria mitattiin säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.). Seuraavassa tietoja pääjuurista.

Koepuu IX,1. *Sample tree IX,1.*

Juuren n:o *No. of root*	Pituus, m *Length, m*	Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*	Diam., mm mittakohdilta *Diam. at the following points of measurement, mm*				
			tyvi *base*		1 m		3 m
			horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	
1	12.5	16.7	133	190	32	41	14
9	9.5	8.3	63	97	21	23	9
12	6.5	8.8	71	163	19	26	4
18	14.0	11.6	133	190	39	43	16

Muista pintajuurista on paksuus- ja syvyysmittauksia vain 1 m:n kohdalta. Seuraavassa taulukossa esitetään tärkeimpiä koskevat, mainitut mitat.

Koepuu IX,1. *Sample tree IX,1.*

Juuren n:o / *No. of root* — Juuren mitat / *Measurements of root*		1	2	3	5	9	10	11	12	14	15	16	17	18
Diam. 1 m etäis:llä puusta, mm / *Diam. at 1 m from the tree, mm*	horis. / *horiz.*	32	23	13	11	21	11	26	19	11	12	15	29	39
	vertik. / *vertic.*	41	27			23		30	26			18	31	43
Syvyys 1 m etäis:llä, cm / *Depth at 1 m distance, cm*		28	34	44	35	10	23	24	12	16	10	8	11	13

Yllä olevien syvyyslukujen keskiarvo on 25.9 cm ja vahvuuksilla punnittu (vrt. ed. koealan koepuun n:o 1 selostusta) keskiarvo 22.1 cm.

Koepuulla oli selvä paalujuuri, joka tyvestään oli läpimitaten 93 × 96 cm. Tielle sattuneen suuren kiven vaikutuksesta on juuri kääntynyt jonkin verran kohtisuorasta suunnastaan. 80 cm:n syvyydellä jakaantuu juuri useaan osaan, joista eräät ulottuvat 115 cm:n syvyyteen. Jakautumiskohdassaan on paalujuuri vielä 39 × 51 mm:n vahvuinen. — Läheltä puun tyveä lähtee pintajuurista eräitä vertikaalisia haaroja, jotka muodostuvat luutamaisiksi eivätkä ulotu syvälle.

Huomattavin yhteenkasvettuma tavataan 65 cm:n päässä tyvestä. Kaksi vahvaa juurta on 14 cm:n pituudelta yhtynyt sivuistaan, jonka jälkeen ne taas kasvavat erillään.

Koepuu n:o 2, koivu, läheisten puiden ahdistama, hoikka, mutta verraten pitkä puu. Seuraavassa muita tietoja siitä.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Diam 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	Kuutio, m³ / *Volume, cbm.*
IX,2 Koivu *Birch*	53	8.50	5.9	0.0115

Latvus on hyvin toispuolinen. Oksia lännen puolella tuskin ollenkaan. Leveys suuntaan N—S 2.0 m ja suuntaan W—E 2.3 m.

Pääpintajuurista on täydelleen kaivettu esiin neljä, muut vain 1 m:n etäisyyteen rungosta. Selvitetty osa juuristoa kartoitettiin. Seuraavassa tietoja mainituista neljästä juuresta, jotka myös mitattiin säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.).

Koepuu IX,2. *Sample tree IX,2.*

Juuren n:o *No. of root*	Pituus, m *Length, m*	Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*	Diam., mm mittakohdilta *Diam. at the following points of measurement, mm* tyvi *base* horis. *horiz.*	tyvi *base* vertik. *vertic.*	1 m horis. *horiz.*	1 m vertik. *vertic.*	3 m
1	4.0	12.7	12	15	6	8	3
2	4.5	16.6	13	14	5	10	3
3	3.5	20.7	10	11	6		2
4	5.5	11.2	10	13	8		4

Muut mitatut juuret olivat 1 m:n päässä puun tyvestä läpimitaltaan 3 ja 1 mm; vastaavat syvyydet olivat 16 ja 7 cm. Metrin etäisyydeltä puun tyvestä mitattujen syvyyksien keskiarvo on 14.3 cm ja vahvuuksilla punnittu (vrt. ed. koealan koepuun n:o 1 selostusta) keskiarvo 15.5 cm.

Mainittavia syväjuuria ei tavattu.

Koepuu n:o 3, kuusi, verraten vapaassa tilassa kehittynyt, alikasvokseen kuuluva puu. Lähempiä tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
IX,3 Kuusi *Spruce*	68	9.80	9.2	9.5	0.0406

Latvus toispuolinen, leveys suuntaan N—S 3 m ja suuntaan W—E 2 m.

Pintajuurista on täydelleen selvitetty neljä, muut kaivettu vain 1 m:n etäisyyteen rungosta. Esille saatu osa kartoitettiin. Mainituista neljästä juuresta, jotka vahvuudeltaan mitattiin säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.), on tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu IX,3. *Sample tree IX,3.*

Juuren n:o *No. of root*	Pituus, m *Length, m*	Syvyys 1 m tyvestä, cm *Depth at 1 m from the base, cm*	Diam., mm mittakohdilta *Diam. at the following points of measurement, mm*				
			tyvi *base*		1 m		3 m
			horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	
5	7.5	13	47	51	26	31	9
7	9.6	13	44	62	25	30	10
8	7.0	16	30	33	25	27	6
10	10.0	11	36	48	24	25	10

Muut juuret mitattiin vain keskusympyrän kehältä (säde 1 m). Seuraavassa kaikkia juuria koskevat tulokset.

Koepuu IX,3. *Sample tree IX,3.*

Juuren mitat *Measurements of root* \ Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diam. 1 m etäis:llä puusta, mm *Diam. at 1 m from the tree, mm*	horis. *horiz.*	3	15	7	8	26	30	25	25	12	24
	vertik. *vertic.*	5	19	10	13	31	34	30	27		25
Syvyys 1 m etäis:llä, cm *Depth at 1 m distance, cm*		7	19	20	8	13	15	13	16	15	11

Yllä esitettyjen syvyyslukujen keskiarvo on 13.7 cm ja vahvuuksilla punnittu (vrt. ed. koealan koepuun n:o 1 selostusta) keskiarvo 12.4 cm.

Mainittavia syväjuuria ei tavattu.

Koepuu n:o 4, kuusi, heikkokasvuinen alikasvupuu. Tietoja siitä lähinnä seuraavassa taulukossa.

Latvuksen leveys N—S suuntaan on 1.80 m ja W—E suuntaan 2.00 m.

Juuristo kaivettiin kokonaisuudessaan esiin ja kartoitettiin. Pintajuuriston yhteinen pituus on 54.0 m ja laajuus 20 m^2, joten 1 m^2:ä kohti tulee 2.7 m juurta. Juuristo kulki havaintojen mukaan lähellä maanpintaa, 2—8 cm:n syvyydellä. Juurten vahvuus tyvestä vaihteli 1—10 mm:iin. Puolen metrin päästä olivat useimmat läpimitaltaan alle 5 mm. — Mainittavia syväjuuria ei tavattu.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Tyvidiam., cm *Base diam., cm*	Diam. 1 m kork., cm *Diam. at 1 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m^3 *Volume, cbm.*
IX,4 Kuusi *Spruce*	59	3.40	5.3	4.2	10.1	0.0032

Koepuu n:o 5, kuusi, heikkokasvuinen alikasvupuu. Tietoja seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Tyvidiam., cm *Base diam., cm*
IX,5 Kuusi *Spruce*	61	5.50	7.0

Latvuksen leveys suuntaan N—S on 1.75 m ja suuntaan W—E 1.60 m.

Juuristo on kaivettu kokonaan esiin ja kartoitettu. Sen yhteinen pituus on 48.0 m ja laajuus 30 m^2, joten 1 m^2:ä kohti tulee 1.6 m juurta. Juuret kulkivat lähellä maanpintaa. — Mainittavia syväjuuria ei tavattu.

KOEALA X.

Paikka: Rautavaaran pitäjä, Karin kylä, hiekkahauta maantien varressa. Kaivuuaika: Syyskuu v. 1923.

Metsätyyppi: Puolukkatyyppi.

Maaperä: Hieno, kivetön, vaalea hiekka.

Juuristojen selvittäminen: Neljän jo kaadetun puun juuristoja kaivettiin osittain esille hiekkakuopan reunasta, osittain olivat ne jo ennen esillä. Tehtiin huomioita juurten yhteenkasvettumista ja syväjuurten ulottuvaisuuksista.

Koepuut n:ot 1 ja 2, mäntyjä, tyveltään 20 ja 17 cm:n vahvuisia. Keskinäinen etäisyys 1.20 m. Osasta pintajuuristoa esitetään kaavioitu karttapiirros (kartta n:o 6), josta huomataan, että puiden juuret ovat neljästä kohti kasvaneet kiinni toisiinsa. Onko viidennen yhteenkasvettuman toinen juuri peräisin koepuusta n:o 1, ei ole aivan varmaa, juuri kun oli katkennut. Hyvin todennäköisesti on asia kuitenkin niin.

Puun n:o 2 paalujuurta seurattiin 145 cm:n syvyyteen, jossa paksuus vielä oli 5 mm. N. 1.5 m:n etäisyydellä saman koepuun tyvestä huomattiin sen pintajuuresta suoraan alaspäin lähtevä vahvanlainen haara.

Koepuut n:ot 3 ja 4, mäntyjä, tyveltään 16 ja 20 cm. Keskinäinen etäisyys 60 cm. Kolme kannosta toiseen päin suuntautuvaa vankkaa juurta on kasvanut lujasti kiinni toisiinsa. Juuret jatkavat kuitenkin kulkuaan sivuutettuaan yhtymäkohdan. — Puun n:o 4 kannon alta lähtee kaksi vahvaa juurta alaspäin, mutta ei kumpikaan keskeltä. Juuret hajoovat useampiin haaroihin, joita seurattiin 1.50 m:n syvyyteen vielä tavoittamatta päätä.

KOEALA XI.

Paikka: Koeala sijaitsee Pielisjärven pitäjässä, Pielisjärven pohjoisessa valtionpuistossa, n. 1 1/2 km Issaanvaaran talosta luoteeseen kankaalla, jonka nimenä on Korkeakangas. Kaivuuaika: Heinäkuun alkupuoli v. 1924.

Metsikkö: Verraten tasainen 110-vuotinen männikkö; puut solakoita, kaunismuotoisia. Joukossa on siellä täällä vanhoja ylispuita ja kehnorunkoisia koivuja. Kuusialikasvosta harvakseen, ei aivan huonokasvuista. Aukoissa ja paikoin muuallakin joitakin huonoja männyn taimia. Valtapuitten pituus 17—20 m, kuutiomäärä ha:a kohti arviolta 225 m³. Puiden asema koealan pääosalla selviää puukartasta (kartta n:o 8), johon myös latvusprojektiot on merkitty.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Yhtenäisen sammaliston ohella antavat kasvistolle leiman miltei yhtä runsaina esiintyvät mustikan, kanervan ja puolukan varvut.

Metsätyyppi: Puolukkatyyppi, pohjoissuomalainen muoto, joka eroaa tavallisesta puolukkatyypistä, mutta kasvuarvoon nähden on lähellä sitä.

Maaperä ja maasto: Maaperästä on seuraava merkintä: Humus 2—4 cm, valkomaa 3—10 cm (yleisimmin 3—6 cm), ruskea kerros 10 cm, vaalea, saven värinen kerros. Kaikissa kerroksissa, humusta lukuun ottamatta, runsaasti eri kokoisia, yleensä teräväsärmäisiä kiviä (vrt. kuvaa 38). Kaivaessa oli rautakanki välttämätön. Moreenin hiekka-aines verraten hienoa.

Korkeakangas on koealan kohdalta tasaista, mutta alkaa satakunta metriä kaakkoon päin laskeutua Viekijokeen, paikoin jyrkästi. Kangas on useita metrejä mainitun joen pinnan yläpuolella. Luodetta kohti alkaa kangas jonkin matkaa koealasta nousta.

Juuristojen selvittäminen: Kaikkiaan on tutkittu 18 puun juuristoa. Viiden yksilön juuristo on kaivettu esiin täydelleen, 13:n vain osittain. Mäntyjä oli

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XI,1 Mänty *Pine*	107	19.00	9.80	22.0	6.2	0.3840

käsitellyistä puista 11, kuusia 6 ja koivuja 1. Mikäli pintajuuristoja on kuvattu kartoittamalla, on tarkoitusta varten maa jaettu neliömetrin suuruisiin ruutuihin.

Koepuu n:o 1, mänty, kaunis, hyvälatvuksinen valtapuu. Muita tietoja edellä olevassa taulukossa.

Latvuksen leveys eri suuntiin selviää puukartasta (kartta n:o 8).

Juuristo on selvitetty kokonaisuudessaan. Pintajuuristo on kuvattuna kartalla n:o 7. Keskusympyrä piirrettiin ja juurakosta otettiin valokuva (kuva 38).

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.; sivujuuria ei 0.5 m:n kohdalta mitattu) mitattiin 44 pintajuurta. Näistä puun tyvestä tai aivan sen läheltä lähteviä 24. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu XI,1. *Sample tree XI,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	5	6	10	11	12	14	15
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	110	30	35	20	61	90	35	82	47	93
	vertik. / *vertic.*	200		60	10	116	178	75	127	40	
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		20	11	15	8	10	20	10	20	10	45
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		10	10	3	—	3	8	3	11	4	19
Pituus, m / *Length, m*		6.5	9.5	3.5	2.0	4.0	5.5	5.0	4.0	4.0	11.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		2.4	5.5	10.5	6.3	4.0	3.2	6.8	4.8	11.8	9.7

Jatkoa. — *Continued.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		16	17	18	19	20	21	22	23	24
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	68	60	50	75	51	52	42	22	40
	vertik. / *vertic.*	128			85	60	95	40	23	55
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		18	10	7	17	32	10	6		10
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		9	3	—	10	12	—	—	—	3
Pituus, m / *Length, m*		5.0	4.5	1.5	7.5	6.0	2.0	2.0	1.0	3.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		14.4	18.2	20.5	20.0	28.3	36.0	32.0	31.3	24.4

Näytteeksi esitettäköön vielä eräiden juurten mittaukset kokonaisuudessaan.

Koepuu XI,1. *Sample tree XI,1.*

Mittakohdat *Points of measurement*		tyvi *base*	0.5 m	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m
Juuri n:o 2 *The root no. 2*	Diam., mm	30	15	11	10	6	4	2
	Syvyys, cm *Depth, cm*	13	8	3	3	3	3	3
Juuri n:o 10 *The root no. 10*	Diam., mm	90×178	43×50	20	8	10		
	Syvyys, cm *Depth, cm*	3	3	3	3	4		
Juuri n:o 12 *The root no. 12*	Diam., mm	82×127	37	20	11			
	Syvyys, cm *Depth, cm*	3	3	4	6			
Juuri n:o 15 *The root no. 15*	Diam., mm	93	50×55	45	19	17	9	5
	Syvyys, cm *Depth, cm*	23	15	11	5	5	4	5

Huomattakoon juurten nopea oheneminen. Niinpä ei 3 m:n etäisyydellä tyvestä yhdenkään juuren vahvuus ole 2 cm:ä; useimpien läpimitta on alle 1 cm:n. Juurten tyvilitteys ei yhdessäkään tapauksessa ulotu 1 m:n etäisyyteen tyvestä.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 264.5 m ja laajuus 86 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 3.1 m juurta. Keskisyvyydeksi on saatu 9.8 cm ja kuutiomääräksi 0.0123 m³. Syvyyden ja vahvuuden puolesta mittaamatonta on 82.5 m. Näin suuri osuus johtuu juuriston suuresta haarautuneisuudesta. Kuitenkin nojautuu syvyyskeskiarvo 177 mittaukseen. Vahvuusmittauksia on jonkin verran enemmän. Kuutiomäärään eivät vahvuusmittauksissa huomiotta jääneet juuret sanottavaa vaikuta, ne kun ovat tyvestäänkin alle 1 cm:n läpimittaisia. Jos kuitenkin mittaamattoman osan keskivahvuutena pidetään 3 mm ja tehdään tämän mukainen lisäys, saadaan kuutioluvuksi 0.0429 m³.

Syväjuuriston laatu ilmenee parhaiten kuvasta 38. Paalujuuresta tuskin voi puhua. Kyseessä on tyypillinen harojuuristo, jonka syvimmät haarat tunkeutuivat lähes 1 m:n syvyyteen. Vankkoja keskussyväjuuria on (alkaen parin cm:n vahvuisista) yhdeksän. Paitsi lähellä puun tyveä tavattavia syväjuuria on pantu merkille useita kaukanakin puusta. M.m. kääntyvät eräiden pintajuurien päät äkkiä alaspäin. Muuan tällainen ulottui 95 cm:n syvyyteen, jossa katkesi parin mm:n paksuisena. Syväjuuriston kuutiomääräksi on laskettu 0.0040 m³. Kun tähän lisätään kannon aluksen kuutio 0.0171 m³ sekä edellä mainittu pintajuuriston vastaava luku, saadaan koko juuriston kuutiomääräksi 0.0640 m³, mikä on 16.7 % rungon kuutiosta.

Kivisessä maassa ei juurten katkeamisia ole kokonaan voitu välttää. Kuitenkin ovat ne yleensä vähäpätöisiä. Vain yhdessä tapauksessa on 1 cm:n vahvuinen juuri

katkennut, ja kahdesti on 5 mm:n paksuisen juuren jatko hävinnyt. Pienempiä katkeamia on merkitty 13, useimmat 1—3 mm:n.

Yhteenkasvettumista mainittakoon, että juuri n:o 5 yhtyy 8 mm:n vahvuisena n. 2 m:n etäisyydellä koepuusta kasvavan pienen männyn (diam. 1.3 m:n kork. n. 5 cm) juurakkoon eikä enää jatku.

Koepuu n:o 2, kuusi, kokonaan ison männyn varjossa kasvava alikasvupuu. Tietoja siitä seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XI,2 Kuusi *Spruce*	80	5.15	0.60	7.0	7.3	0.0114

Latvuksen leveys eri suuntiin selviää puukartasta (kartta n:o 8).

Juuristo on kaivettu esiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo on kuvattuna samalla kartalla (n:o 7) kuin edellisenkin koepuun.

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) on mitattu kahdeksan juurta, joista puun tyvestä lähteviä viisi. Seuraavassa taulukossa tietoja eräistä pintajuurista.

Koepuu XI,2. *Sample tree XI,2.*

Juuren n:o / *No. of root* — Juuren mitat / *Measurements of root*		1	1 a	1 a 1	4	7	7 b
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	40	15	25	20	47	12
	vertik. *vertic.*	72	20		30	91	
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		7	7	7	6	11	7
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		5	3	3	4	10	4
Pituus, m *Length, m*		9.5	5.5	4.0	7.0	5.5	6.5
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		4.5	3.5	3.5	5.4	3.2	6.8

Vaikka yksityiset juuret eivät ole hyvin pitkiä, haarovat ne niin runsaasti, että ne sivujuurineen saavuttavat melkoisia mittoja, kuten esim. juuri n:o 1 48.0 m ja juuri n:o 7 40.5 m. — Pintajuuriston yhteinen pituus on 138.0 m ja laajuus 56 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 2.5 m juurta. Keskisyvyydeksi on saatu 32 mittauksen nojalla 4.5 cm. Kuutiomäärää ei voida tarkkaan laskea, koskapa vain n. 1/3 juuriston pituudesta, vaikkakin kuutiorikkain osa, on säännöllisesti mitattua. Mainittakoon kuitenkin, että juuriston mitatun osan kuutiomäärä, kannon alus siihen lisättynä, tekee 32.5 % rungon kuutiosta. Mainittavia syväjuuria ei tavattu.

Yksi 4 mm:n katkeama on merkitty.

Koepuu n:o 3, kuusi, pieni alikasvupuu, isojen mäntyjen varjostama. Tietoja siitä seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m korк., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XI,3 Kuusi *Spruce*	77	1.82	0.90	1.6	3.2	0.00115

Latvuksen leveys eri suuntiin selviää puukartasta (kartta n:o 8).

Juuristo kaivettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo samalla kartalla kuin edelliset koepuut (kartta n:o 7). Juurakosta tehtiin piirros sivulta katsottuna.

Vain kaksi pisintä juurta mitattiin paksuuden ja syvyyden puolesta. Toinen oli tyvestään 15 × 20 mm, toinen 34 × 30 mm. Pituudet vastaavasti 8.5 ja 6.5 m. Kumpikin kulki aivan humuskerroksen alla, siis n. 3 cm:n syvyydellä. Kuutioltaan ovat yksin nämä kaksi juurta runsaasti 1/2 rungon kuutiosta. Pintajuuriston yhteinen pituus on 28.0 m, josta 22.5 m tulee mainittujen kahden juuren osalle. Laajuus on 30 m², joten 1 m²:ä kohti tulee vain 0.9 m juurta. — Syväjuurista mainittakoon lyhyt, tynkämäinen juuri, jonkinlainen paalujuuren jäte, jonka syvimmät haarat menevät n. 15 cm:n syvyyteen. Lisäksi suuntautuu eräs pintajuuren läheltä runkoa lähtevä haara aluksi jyrkästi alaspäin saavuttaen 25 cm:n syvyyden, jonka jälkeen sen suunta muuttuu loivaksi. Juuri painuu kuitenkin edelleen, kunnes joutuu 35 cm:n syvyystasoon.

Koepuut n:ot 4, 5 ja 6, pieniä alikasvukuusia, joista tietoja seuraavan sivun alussa.

Muiden paitsi n:o 4 :n latvusprojektiot selviävät puukartasta (kartta n:o 8).

Kahden ensimmäisen koepuun juuristot on kaivettu kokonaan esille, kolmannen osittain. Pintajuuristot nähdään kartalla n:o 7. Koepuun n:o 4 juurakosta tehtiin lisäksi piirros sivulta päin. Mittauksia juurten syvyyden ja vahvuuden suhteen ei ole tehty. Syvyydestä on kuitenkin merkitty, että varsinkin myöhäisjuuret usein kulke-

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	Diam. tyvestä, cm *Base diam., cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*
XI,4 Kuusi *Spruce*	75	1.65	0.70	1.2	4.2	3.9
XI,5 Kuusi *Spruce*	63	1.00	0.53	—	2.5	2.3
XI,6 Kuusi *Spruce*	51	1.62	0.58	1.0	3.1	4.6

vat humuksessa aivan kasvavan sammalen alla, samoin hienot sivujuuret ja juurten kärjet. Koepuun n:o 4 pintajuuriston yhteinen pituus on 17.0 m ja n:o 5:n 6.5 m. Laajuudet ovat vastaavasti 15 ja 3 m², joten 1 m² kohti tulee 1.5 ja 2.2 m juurta.

Mainittakoon, että koepuulla n:o 4 oli läheltä tyveä pintajuuresta lähtevä, verraten vankka kohtisuora juuri, joka ulottui 30 cm:n syvyyteen.

Koepuu n:o 7, mänty, hoikka, kapealatvuksinen puu. Läpimitta 1.3 m:n korkeudelta oli 5.5 cm, pituus 9.4 m ja ikä 108 vuotta. Vain yksi pintajuuri on kaivettu esiin ja mitattu. Se oli tyvestään 20 mm:n vahvuinen, 1 m:n etäisyydeltä 6 mm ja 3 m:n kohdalta 1 mm. Koko pituus oli 4.0 m ja keskisyvyys 4.8 cm.

Koepuu n:o 8, koivu, kituvan näköinen, alikasvokseen luettava puu. Tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	Diam. tyvestä, cm *Base diam., cm*
XI,8 Koivu *Birch*	100+	9.00	4.20	5—10	11.8

Latvusprojektio selviää puukartasta (kartta n:o 8). Huomataan myös, että aivan vieressä on toinen saman kokoinen, vinosti kasvava koivu (projektio syrjässä). Molemmat rungot olivat samaa puuta, mutta tutkitut juuret lähtivät idän puoleisesta. Ikää ei lustojen tiheyden ja epäselvyyden vuoksi voitu tarkoin määrätä. Joka tapauksessa oli se yli 100 vuotta. Onko kyseessä *Betula odorata* vai *verrucosa*, ei ole merkitty.

Juuristo on selvitetty vain osittain. Kolme puun tyvestä lähtevää pintajuurta on kaivettu esiin kokonaan (ei kuitenkaan niiden kaikkia sivujuuria) ja kaksi vain tyvipuolelta. Paljastettu osa näkyy kartalla n:o 7.

Sivujuuret mukaan lukien on säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattu yhdeksän juurta. Seuraavassa tietoja huomattavimmista.

Koepuu XI,8. *Sample tree XI,8.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*	1	2	3	3 c	3 d
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	45	20	26	5	2
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*	26	15	20	5	1
Diam. 5 m tyvestä, mm *Diam. at 5 m from the base, mm*	11	15	11	2	1
Pituus, m *Length, m*	15.5	12.5	21.0	10.5	6.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*	9.9	14.8	(14.4)	.	.

Huomiota on omansa herättämään juurten tavaton mitta. Niinpä esille kaivetun juuriston osan yhteinen pituus on kokonaista 8 8 m, ja paljastettu on tuskin enempää kuin $^2/_3$ koko juuristosta. — Eräs juuri (n:o 3) haaroineen kulkee suurimmalta osaltaan vanhan, maatuneen rungon sisällä, kuten juurikartastakin selviää. Mainittakoon, että sama juuri, lahonneesta puusta vapauduttuaan, kulki metrin verran lahoa juurta myöten. Juuret kulkevat yleensä verraten syvällä. Juuren n:o 3 keskisyvyys on laskettu niiden mittakohtien mukaan, jotka sattuivat maatuneen rungon ulkopuolelle. Rungon kohdalla oli nim. syvyyttä vaikea määrätä, eikä se olisi ollut verrannollinenkaan muihin syvyysmittauksiin. Pintajuuriston keskisyvyydeksi 39 mittauksen nojalla on saatu 1 3 . 7 cm. — Näytteeksi juurten kapenevaisuudesta otettakoon tähän juuren n:o 3 kaikki paksuusmitat.

Koepuu XI,8. *Sample tree XI,8.*

Mittakohdat *Points of measurement*		tyvi *base*	0.5 m	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	11 m	13 m	15 m	17 m	19 m
Juuri n:o 3 *The root no. 3*	Diam., mm	26	20	20	11	11	5	6	5	5	4	4	4

K o e p u u n : o 9, mänty, lakkapäinen jättöpuu. Sijaitsee puukarttaan otetun alueen ulkopuolella, sen koillisnurkasta n. 10 m pohjoiskoilliseen. Sen rinnankorkeusläpimitta oli 36 cm, ja samalta korkeudelta otettu kairalastu osoitti 202 vuosilustoa. Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 4.7 m ja suuntaan W—E 4.1 m.

Juuristo selvitettiin vain osittain. Pintajuurista kaivettiin esille kolme. Piirrettiin yhteinen juurikartta seuraavan koepuun kanssa ja mitattiin juuret säännöllisin väli-

matkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.). Seuraavassa tietoja kolmen pääjuuren mittaustuloksista.

Koepuu XI,9. *Sample tree XI,9.*

Juuren mitat *Measurements of root* / Juuren n:o *No. of root*	Horis. tyvidiam., mm *Horiz. base diam., mm*	Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*	Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*	Pituus, m *Length, m*	Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*
1	150	30	15	(4.0)	4.6
2	27	16	10	6.5	16.0
3	116	55	20	(5.0)	15.0

Juuri n:o 1 on 4 m:n kohdalla katkennut 6 mm:n vahvuisena ja juuri n:o 3 5 m:n kohdalla 10 mm:n vahvuisena. Jälkimmäinen juuri oli kuitenkin mainitusta kohdasta alkaen niin laho, ettei sitä voitu pitemmälle seurata. Pintajuuriston keskisyvyydeksi on 28 mittauksen nojalla saatu 9.8 cm.

Koepuu n:o 10, mänty, edellisestä koepuusta 2.5 m luoteeseen, osaksi sen latvuksen alla sijaitseva kitukasvuinen puu. Seuraavassa tietoja siitä.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*
XI,10 Mänty *Pine*	91	7.95	4.50	7.5	14.0

Latvuksen leveys suuntaan WNW—ESE 2.5 m ja vastakkaiseen 1 m.

Juuristosta on kaivettu sivuhaaroineen esiin neljä pääpintajuurta, jotka mitattiin säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.). Juurikartta piirrettiin yhteinen edellisen koepuun kanssa. Lähinnä seuraavassa taulukossa mittaustuloksia.

Pintajuuriston keskisyvyydeksi on 18 mittauksen nojalla saatu 9.0 cm. Esiin kaivetun juuriston osan yhteinen pituus on 25.5 m.

Koepuut n:ot 11, 12, 13, 14, 15, 16 ja 17, mäntyjä kahden edellisen koepuun lähettyviltä, kituvia, pieniä kooltaan. Pituudet ovat: 4.9, 3.6, 3.2, 2.5, 2.2, 1.3 ja 0.8 m. Viiden ensimmäisen rinnankorkeusläpimitat ovat: 3.0, 2.5, 2.5, 2.0, 1.5 cm ja kahden viimeisen tyvimitat 1.5 ja 2.0 cm.

Ainoastaan syväjuuristoa tutkittiin ja kunkin puun juurakosta tehtiin piirros. Tällöin todettiin, että selvä pystysuoraan kasvava paalujuuri oli kolmella yksilöllä, vahvasti sivulle päin kääntynyt kahdella ja heti tyvestään haaraantuva kahdella.

Koepuu XI,10. *Sample tree XI,10.*

Juuren mitat *Measurements of root* / *No. of root* Juuren n:o	Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*	Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*	Pituus, m *Length, m*	Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*
1	25	10	2	3.5	6.6
2	15	3	1	3.0	8.3
3	40×75	7	1	3.0	10.8
4	35	3	3	5.0	10.6

Kuvat 7, 8 ja 9 esittävät yhden kutakin lajia. Syvimmälle ulottuivat luonnollisesti ensimmäisen ryhmän juuristot, nim. 40—50 cm, kun taas muut yltivät 20—30 cm:n syvyyteen.

Koepuu n:o 18, kuusi, pieni alikasvupuu, 82 cm:n mittainen ja tyveltään 3.0 cm. Kasvoi, kuten edellisetkin, lähellä koepuita n:ot 9 ja 10. Huomioita tehtiin syväjuuriston suhteen. Pantiin merkille, että parinkymmenen cm:n päässä puusta lähti eräästä pintajuuresta haara melkein suoraan alaspäin. Jo 15 cm lähtökohdastaan haaraantui puheena oleva sivujuuri useaan osaan, joista eräät kääntyivät vaakasuoraan suuntaan, toiset pyrkivät vielä syvälle päin saavuttaen n. 25 cm:n syvyyden.

KOEALA XI, a.

Edellisestä koealasta n. 50 m kaakkoon on luoteismyrsky lokakuussa v. 1921 kaatanut suurehkon alan paljaaksi. Yksityisiä tuulenkaatoja oli tuhoalueen läheisyydessä ja yleensäkin paikka paikoin Korkeallakankaalla. Parhaat rungot oli korjattu talteen, joten koealalla työskenneltäessä heinäkuun alussa v. 1924 oli vain jokunen runko jäljellä. Olosuhteet tuhoalueella olivat ennen myrskyä nähtävästi olleet likipitäen samanlaiset kuin edellisellä koealalla.

Parhaiten säilyneitä tuulenkaatojen juurakoita otettiin nyt tarkasteltaviksi etupäässä tuhoalueelta, mutta myös sen lähistöltä samalta kankaalta. Juurakot puhdistettiin, väännettiin irti maasta ja sijoitettiin sopivasti sekä valokuvattiin. Muistiin merkittiin kannon läpimitta ja korkeus, lustoluku kannolla sekä puun pituus joko latvuksen mukaan tai, milloin runko oli jäljellä, faktillinen pituus. Viimeksi mainitussa tapauksessa mitattiin myös läpimitta 1.3 m:n ja 6 m:n kohdalta sekä rungon oksattoman osan pituus. Tällä tavoin tutkittiin 27 puuta, joiden koosta seuraava taulukko antaa käsityksen.

Kantodiam., cm *Stump diam., cm*	5—9	10—14	15—19	20—24	25—29	30—34
Puiden luku *Number of trees*	1	1	1	12	8	4
Puiden pituus, m *Height of trees, m*	4.3	12.0	10.8	14.0—21.0	18.5—24.0	20.0—24.0

Kantoläpimitta otettiin milloin mahdollista 30 cm:n korkeudelta. Runko oli jäljellä 13 puulla, joiden pituusmittaus siis on ehdottomasti varma. — Saadut lustoluvut vaihtelivat 91—110.

Tutkituissa puissa oli kaksi paria aivan lähekkäisiä. Ensimmäisten välimatka maanpinnalta mitattuna oli 35 cm. Niiden kantoläpimitat olivat 32.0 ja 6.5 cm. Puut olivat juuristaan lujasti yhteenkasvettuneet. Toiset mainitut puut kasvoivat vielä lähempänä toisiaan. Kantoläpimitat olivat 24.0 ja 14.0 cm. Mutta vaikka puiden juuret pujottautuivat aivan toistensa lomiin ja olivat monessa kohti litistyneet toisiaan vastaan, ei yhteenkasvettumia tavattu.

Tutkittujen puiden valokuvista esitetään 6, kuvat 39, 40, 41, 42, 43 ja 44. Kyseellisistä puista tietoja seuraavassa taulukossa.

Puun n:o / *No. of tree* — Puun mitat / *Measurements of tree*	6	11	15	19	20	24	27
Kantodiam., cm / *Stump diam., cm*	22.0	27.0	33.0	22.0	21.0	22.0	24.0
Diam. 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	18.0×28.0	25.0	·	15.0	·	16.0	·
Lustoja kannolla — *Number of ann. rings on the stump*	100	103	95	100	98	103	103
Pituus, m / *Height, m*	19.0	24	21.0	18.0	18.0	19.5	18.5

Tuonnempana luvussa »Keskusjuuriston muotoja» selostettavien juuristotyyppien kesken jakaantuivat tutkitut 27 puuta siten, että 12:lla oli harojuuristo, 3:lla osittainen harojuuristo, 4:llä pylväsjuuristo, 5:llä jotenkin selvä vallitseva paalujuuri ja 3:lla hyvin surkastunut paalujuuri, joten keskussyväjuuristoa edustivat vain eräät lähisyväjuuret.

KOEALA XII.

P a i k k a : Koeala sijaitsee Pielisjärven pitäjässä, Issaanvaaran talon maalla, n. neljänneskilometrin etäisyydellä mainitusta talosta länteen päin vaaran rinteellä, jota koealan paikkeilla nimitetään Louhenalusahoksi. K a i v u u a i k a : Heinäkuun jälkipuolisko v. 1924.

M e t s i k k ö : Tiheänlainen, reheväkasvuinen, 13—16-vuotinen, kaskeen syntynyt männikkö, jonka valtapuiden pituus on 5—7 m. Siellä täällä tavataan pieniä, n. metrin mittaisia kuusia.

K a s v i p e i t e : Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavana esiintyy runsas ja lajirikas ruoho- ja heinäkasvillisuus.

M e t s ä t y y p p i : Käenkaali-mustikkatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o : Humuskerros oli 5 cm:n vahvuinen, sen alla oleva valkomaakerros vaihteli paksuudeltaan melkoisesti, keskimäärin oli sitä n. 10 cm. Seuraava alaspäin, ruskea kerros, vahvuudeltaan n. 30 cm, rajoittui epämääräisesti

alempaan vaaleaan, hieman ruskahtavaan maahan, jota jatkui ainakin yhtä syvälle kuin kaivuu ulottui, eli 132 cm:n syvyyteen. Kaikissa kerroksissa oli hyvin runsaasti eri kokoisia (suurimmat n. 70 cm:n läpimittaisia), särmiltään pyöristymättömiä kiviä. Kaivuuta vaikeuttivat kivet varsin suuresti, ja vain kankien avulla saatiin juuristot esille. Maaperän hieno aines, joka kivien välillä saattaa olla melko puhdasta, on karkeudeltaan hiedan ja hiesun välimailla. Maaperä on, kuten kuvauksesta voidaan päättää, moreenia.

Paikan määrittelystä selvisi jo, että koeala sijaitsee vaaran rinteellä. Tämä läntinen rinne on koealan kohdalta melkoisen jyrkkä, varsinkin ensimmäisestä koepuusta alkaen ylöspäin. — Mainittakoon, että näillä seuduin yleensä rehevimmät metsämaat tavataan vaarojen liepeillä.

Juuristojen selvittäminen: Kaikkiaan on koealalla tutkittu 14:n puuyksilön juuristoa. Täydelleen on kaivettu esiin vain kahden puun maanalainen osa. Käsitellyistä puista on mäntyjä 7 ja kuusia 7. Pintajuuriston kartoittamista varten käytettiin 1 m²:n suuruisia ruutuja.

Koepuu n:o 1, mänty, reheväkasvuinen, toisten ahdistamatta kehittynyt valtapuu. Seuraavassa tietoja siitä.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pit.-kasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XII,1 Mänty *Pine*	16	5.70	0.57	7.7	48.0	0.0156

Juuristo on kokonaisuudessaan kaivettu esiin. Pintajuuristo kartoitettiin. Juurakko valokuvattiin (kuva 45).

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 m j.n.e.) mitattiin 17 pintajuurta, joista 13 puun tyvestä lähtevää. Taulukossa seuraavan sivun alussa esitetään tietoja tärkeimmistä.

Huomataan, että vain pari juurta on tyvestään litteitä. Juuret kulkevat yleensä verraten syvällä. Esim. juuri n:o 3 kulkee karttaan merkityn ison kiven alitse ollen näillä kohti 50 cm:n syvyydessä. Pantakoon merkille suuri syvyysero samaan suuntaan kasvavien juurten n:ot 7 ja 8 välillä. Edellinen noudattaa jyrkästi nousevaa maanpintaa, jälkimmäinen kulkee miltei vaakasuorasti joutuen näin edetessään yhä syvemmälle.

Koko pintajuuriston yhteinen pituus on 57.0 m ja laajuus 43 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 1.3 m juurta. Perustuen 90 mittaukseen on horisontaalisen juuriston keskisyvyydeksi saatu 25.1 cm ja kuutiomääräksi 0.0043 m³. Säännöllisin välimatkoin mittaamatta on pintajuuristosta 8 m.

Rungon suoranaisena jatkona alaspäin on puulla erittäin selvä paalujuuri, jonka kuutiomäärä, kannon alus siihen luettuna, tekee 0.0021 m³. Yhteensä on maanalaisen osan kuutio näinollen 0.0061 m³ eli 39.1 % rungon kuutiosta. Paalujuuren

Koepuu XII,1. *Sample tree XII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	4 a	6	7	8	9	10	11	12	14
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	35	20	35	35	10	12	41	20	24	27	19	15	17
	vertik. / *vertic.*		32		46									
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		22	17	16	25	7	4	15	5	3	15	9	8	8
Diam. 2.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 2.5 m from the base, mm*		7	5	9	8	5	—	4	2	—	1	4	4	5
Pituus, m / *Length, m*		5.0	4.0	6.0	5.5	5.0	2.0	4.0	3.0	1.0	3.0	4.0	3.5	5.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		20.6	11.2	32.4	31.7	43.9	15.0	6.5	50.4	50.7	3.8	13.3	13.2	37.9

muoto selviää kuvasta 45. Se ulottuu jonkin verran mutkitellen 132 cm:n syvyyteen.

Katkeamia merkittiin viisi, niistä yksi 4 mm:n, muut vähäpätöisempiä.

K o e p u u n : o 2, mänty, jossain määrin naapuripuiden varjostama, ei kuitenkaan kituva. Tietoja siitä seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Rungon oksaton osa, m / *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ / *Volume, cbm.*
XII, 2 Mänty *Pine*	13	2.40	0.46	2.8	22.6	0.00129

Kasvupaikka on edellisestä koepuusta n. 10 m itään. Juuristo kaivettiin esiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin.

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 2, 3 m j.n.e) on mitattu 7 pintajuurta, joista 5 tyvestä lähtevää. Tietoja niistä seuraavan sivun alussa olevassa taulukossa.

Tyvilitteyttä ei yhdelläkään juurella huomattu.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 1 3 . 5 m ja laajuus 1 3 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 1.0 m juurta. Horisontaalisen juuriston keskisyvyydeksi on saatu 24 mittauksen nojalla 1 1 . 6 cm ja kuutiomääräksi 0 . 0 0 0 2 2 m³. Säännöllisesti mittaamaton osa juuristosta on 2 m.

Koepuu XII,2. *Sample tree XII,2.*

Juuren n:o *No. of root* / Juuren mitat *Measurements of root*	1	2	3	4	5
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	16	17	10	11	6
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0.5 m from the base, mm*	5	6	2	1.5	2
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*	4	2	1	0.5	1
Pituus, m *Length, m*	3.0	3.0	1.5	1.0	1.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*	5.2	9.0	13.0	3.7	9.7

Puulla oli selvä paalujuuri, joka ulottui 45 cm:n syvyyteen, mutta kääntyi sitten vaakasuoraksi ja jatkui näin 0.5 m. Sen kuutio, kannon alus mukaan luettuna, on 0.00011 m³. Koko juuriston kuutio näin ollen on 0.00033 m³, mikä rungon kuutiosta on 25.6 %.

Koepuu n:o 3, mänty, pieni naapuripuiden ahdistama 1.45 m:n korkuinen puu, tyvestään 2.6 cm, 13 vuoden ikäinen; sijaitsi n. 1 ½ metriä koepuusta n:o 1 etelälounaaseen. Vain syväjuuriston suhteen tehtiin huomioita. Todettiin rungon jatkona oleva hyvin kaunis, porkkanamainen paalujuuri, joka haarautumatta ulottui n. 40 cm:n syvyyteen. Vaakasuoria juuria lähti enimmän ylimmän 6 cm:n osuudelta sekä joitakin heikkoja haaroja n. 15 cm:n kohdalta pinnasta lukien. Paalujuuresta tehtiin piirros.

Koepuu n:o 4, mänty, erittäin rehevä valtapuu, jonka läpimitta rinnankorkeudelta oli 12.0 cm ja tyvestä 16.0 cm. Vain yksi sen pintajuurista kaivettiin esiin. Se kuvattiin samaan karttaan kuin koepuun n:o 2 juuristo. Puheena oleva juuri oli tyveltään 30 mm, 1 m:n kohdalta 5 mm ja 3 m:n kohdalta 3 mm. Pituus oli 5 m ja keskisyvyys 7 mittauksen nojalla 10.6 cm.

Koepuu n:o 5, mänty, rehevä valtapuu, jonka läpimitta 1.3 m:n korkeudelta on 8.0 cm ja pituus 5.5 m. Puu sijaitsi ensimmäisestä koepuusta pari metriä lounaaseen. Huomioita tehtiin vain syväjuuristosta. Rungon jatkoksi alaspäin lähti vankka paalujuuri, josta tehtiin piirros. 30 cm maanpinnasta jakaantui paalujuuri kolmeen jotenkin yhtä vahvaan haaraan, jotka ulottuivat ainakin 80 cm:n syvyyteen. Verraten vankkoja vaakasuoria juuria lähti paalujuuresta vielä 50 cm:n syvyydellä.

Koepuu n:o 6, mänty, sijaitsee n. 4 m koepuusta n:o 1 itään, on osittain seuraavan, lähellä olevan koepuun varjostama. Kuitenkin on se verraten reheväkasvuinen, rinnantasalta 5.6 cm:n vahvuinen; pituus on 4.80 m. — Rungon jatkona oli suora ja haarautumaton paalujuuri, joka ulottui 120 cm:n syvyyteen. Vaakasuoria juuria erkani vielä 60 cm:n kohdalta pinnasta lukien. Viimeisten 25 cm:n matkalla haaraantui paalujuuri ja lähetti sivulle päin joukon pikkujuuria. Paalujuuresta tehtiin piirros.

Koepuu n:o 7, mänty, hyvin rehevä valtapuu, läpimitta rinnantasalta 11.5 cm, pituus 7.20 m. Puu sijaitsi 40 cm edellisestä koepuusta itään. Kaivettaessa

mainitun koepuun paalujuurta huomattiin lähellä sitä toinen miltei saman vahvuinen vertikaalinen juuri, joka sitten osoittautui käsillä olevaan koepuuhun kuuluvaksi. Se ei kuitenkaan ollut paalujuuri, vaan eräästä pintajuuresta 20 cm:n syvyydellä alkunsa saava vankka syväjuuri, tyvestään 3.5 cm:n paksuinen. Kyseessä oleva juuri tunkeutui suorana ja haarautumatta yhtä syvälle kuin edellisen koepuun paalujuuri, mutta maanpinnan ollessa tällä kohti ylempänä (rinne) saadaan syvyydeksi 125 cm. Puheena olevasta syväjuuresta lähti vankka (10 mm) horisontaalinen haara 55 cm:n syvyydeltä. — Piirros valmistettiin.

Koepuut n:ot 8—14 ovat kuusia, pieniä virkeän näköisiä alikasvuyksilöitä, joiden pituus vaihteli 0.85—1.72 m:iin ja tyviläpimitta 1.5—4.0 cm:iin. Havaintoja tehtiin etupäässä syväjuuriston suhteen. Kahdella tavattiin vankka paalujuuri, joka toisella ulottui 65 cm:n, toisella 30 cm:n syvyyteen. Yhdellä ei ollut tyven kohdalla ensinkään syväjuurta. Mutta muilla oli ohut, enimmäkseen viistosti suuntautunut paalujuuren jäte, joka kyllä saattoi tunkeutua 30:n, jopa 40 cm:n syvyyteen. — Juurakoista tehtiin piirrokset.

Eräitä lisähavaintoja koealalla XII. Kaivuun kestäessä pantiin usean kerran merkille, että kasvavat männyn juuret kulkivat vanhojen, lahoavien juurten sisällä.

Ensimmäisen koepuun kaivuukuopan seinämissä todettiin juuria yleisesti aina 80 cm:n syvyyteen asti. Varsinkin *Calamagrostis* heinän juuret näyttivät yltävän syvälle. Vielä 80 cm:n kohdasta alaspäinkin näkyi yksityisiä juuria, jotka todennäköisesti olivat kyseellisen puun paalujuuren katkenneita pikkuhaaroja. — Erään syvällä kulkevan juuren kaivuuojan reunamia tarkattiin 5 m:n pituudelta säännöllisin välimatkoin ja pantiin merkille, että männyn juuria yleisesti oli havaittavissa seuraaviin syvyyksiin asti: 40, 27, 33, 40, 33 ja 35 cm.

KOEALA XIII.

Paikka: Koeala sijaitsee Pielisjärven pitäjässä, Pielisjärven pohjoisessa valtionpuistossa pari kilometriä Issaanvaaran talosta luoteeseen kankaalla, jolla on nimenä Soikonsärkkä. Kaivuuaika: heinäkuun loppupuoli v. 1924.

Metsikkö: Vanhoja, kulon säästämiä mänty-ylispuita siellä täällä. Hyvä männyn taimisto, jonka korkeus vaihtelee 0.5—3 m:iin. Paikoin on ryhmissä isompaakin nuorennosta, joka nähtävästi on säilynyt viime kulolta. Sen yksilöt ovat useimmat palon vioittamia, kuten ylispuutkin. Koealan lähettyvillä on myös joitakin 2—3 m:n mittaisia pajuja ja koivuja. Maassa makaa runsaasti kelottuneita, osittain lahonneita runkoja.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198-201 koealaselitelmäin lopussa. Leiman antavia kasveja ovat kanerva ja jäkälät. Heinä- ja ruohokasveja puuttuu tyyten.

Metsätyyppi: Kanervatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humuskerros on 1—2 cm:n vahvuinen. Huuhtoutunut valkomaakerros on pintaosaltaan humuksen sekaista, likaisen ruskeaa, vahvuus n. 15 cm. Seuraava on ruosteen ruskea n. 20 cm:n paksuinen kerros, jonka alla on vihertävän harmaata maata n. 25 cm. Vaikka muissakin kerroksissa on ollut jonkin verran kiviä, on vasta seuraava kokoomukseltaan soramaista. Sen paksuus on n. 40 cm; alaspäin rajoittuu se n. 1 m:n syvyydellä vielä kivisempään kerrokseen. — Kivet,

joita ylemmissäkin kerroksissa on harvakseen, ovat eri kokoisia, joukossa on aina 75 cm:nkin läpimittaisia. Yleensä ovat kivet särmiltään pyöristyneitä. Maaperän hieno aines on karkeudeltaan hietaan verrattavissa.

Soikonsärkkä on hietainen moreeniselänne, jonka suunta on WNW—ESE, sama kuin tiluslajikuvioiden yleinen pituussuunta näillä seuduilla. Särkkä on n. kahden kilometrin pituinen ja enintään 400 m:n levyinen. Se laskeutuu verraten jyrkästi suuntaan NNE Viekijokea ja Soikonlampea kohti; vastakkaiseen suuntaan; rämeitä ja nevoja kohti, on lasku loiva. Mainittakoon, että kyseessä oleva selänne paikoin on pinnaltakin niin kivistä, että sen jo päältä päin huomaa moreenimaaksi, paikoin se taas muistuttaa hiekkaharjannetta. Koeala sijaitsee lähellä selänteen harjaa matalassa notkossa, joka nousee loivanlaisesti koillista ja pohjoista kohti sekä vielä loivemmin länttä kohti. Notko levenee eteläkaakkoon päin, jota kohti maa hiljalleen laskeutuu. Notkon pituussuunta on sama kuin selänteen.

Juuristojen selvittäminen: Kaikkiaan tutkittiin 22 puuyksilön juuristoja; kaksi oli varttunutta puuta, muut taimia. Täydelleen tai suureksi osaksi selvitettiin kuuden yksilön juuristot, m.m. molempien varttuneiden puiden. — Pintajuuristojen kartoitus tapahtui käyttämällä 1 m²:n ruutuja.

Koepuu n:o 1, mänty, lakkapäinen, laajalatvuksinen yksinäinen puu. Sijaitsee maastoselostuksessa mainitun pienen notkon keskellä. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	Viime 10 v:n kasvaimet *The growth in height of the last 10 years*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XIII,1 Mänty *Pine*	185	13.70	5.30	25.5	mitättömät *insignificant*	0.4090

Latvuksen leveys suuntaan WNW—ESE on 5.75 m ja vastaiseen suuntaan 3.60 m.

Pintajuuristoa ei ole kaivettu kokonaisuudessaan; osa on selvitetty vain 1.5 m:n päähän rungosta. Esille saatu horisontaalinen juuristo on kuvattuna kartalla n:o 9. Runkoa lähinnä olevasta pintajuuristosta piirrettiin keskusympyrä 1.5 m:n säteellä. Runkoa lähellä oleva syväjuuristo on kokonaisuudessaan kaivettu, ja siitä esitetään valokuva, kuva 46.

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin kokonaan esille kaivetuista pintajuurista 57, joista puun tyvestä tai sen lähettyviltä saa alkunsa 19. Lisäksi on 15:stä osittain kaivetusta juuresta otettu kolme ensimmäistä mittaa. Mainituista juurista on tyvestä lähteviä 10. — Seuraavassa taulukossa esitetään tietoja huomattavimmista pintajuurista.

Koepuu XIII,1. *Sample tree XIII,1.*

Juuren n:o / *No. of root* — Juuren mitat / *Measurements of root*		1	2	3	4	5	5 a	6	7	8	8 a	9	10	11	13	14	26
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	20	70	50	41	35	15	60	35	82	85	26	25	22	102	60	38
	vertik. / *vertic.*							55			45				125		45
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		13	40	20	32	27	12	·	11	30	19	18	15	25	40	30	10
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		11	—	20	3	22	10	—	7	—	10	18	12	23	13	15	·
Pituus, m / *Length, m*		6.0	[1] 1.5	10.0	3.5	13.0	6.0	[1] 0.5	6.5	[1] 2.0	9.0	5.5	8.5	13.5	7.0	5.5	[2] 1.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		18.0	10.0	22.1	21.6	15.6	10.7	12.5	12.5	14.0	13.7	13.8	12.1	13.7	25.0	28.7	35.0

[1]) Juuri lahonnut, vain tynkä jäljellä. — *Rotten root, only a stump left.*

[2]) Juuri katkennut. — *Broken root.*

Seuraavassa taulukossa esitetään vain tyviosaltaan esiin kaivettujen juurten mittoja.

Koepuu XIII,1. *Sample tree XIII,1.*

Juuren n:o / *No. of root* — Juuren mitat / *Measurements of root*		16	17	20	21	22	23	24	25
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	25	39	95	65	70	55	20	105
	vertik. / *vertic.*					169			65
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		7	·	43	45	22	22	10	40×45
Tyviosan keskisyvyys, cm / *Average depth of the base, cm*		21.3	39.5	20.0	7.3	7.7	15.7	25.0	70.0

Nähdään, että juurten tavallinen tyvilitteys esiintyy vain muutamilla juurilla. Vieläpä huomataan eräillä litteyttä vastakkaiseen suuntaan. Yleensä ovat juuret tyvestään verraten hoikkia.

Kokonaisuudessaan esiin kaivetun pintajuuriston osan pituussumma on 311.5 m. Kun horisontaalisesta juuristosta on kaivamatta $1/3$ tai enintään $1/2$, on koko vaakasuoran juuriston yhteinen pituus 450—600 m. Jos siis koko pintajuuriston mitaksi merkitään 5 2 5 m, ollaan nähtävästi lähellä totuutta. Tähän viittaa myös juuriston pohjoispuolen kuutio, josta tyvien avulla voidaan suunnilleen saada selko. — Juuris-

ton laajuutta laskettaessa ei ole huomioon otettu osittain kaivettuja juuria eikä myös yksinään koilliseen suuntautuvaa juurta, se kun kuuluu jo selvittämättömään puoleen. Tuloksena on 113 m². Yhtä neliömetriä kohti tulee kyseessä olevalla alueella 2.6 m juurta. — Jos koko juuriston laajuus päätellään saman suhteen mukaan kuin edellä pituus, saadaan tulokseksi hiukan pyöristettynä **200 m².**

Pintajuuriston keskisyvyydeksi on saatu 14.8 cm nojautuen 231 mittaukseen. Kokonaisuudessaan esiin kaivettujen pintajuurten kuutiomäärä on 0.0389 m³. Käyttäen samaa suhdetta kuin edellä saadaan koko pintajuuriston kuutioksi 0.0660 m³. Tämä luku soveltuu hyvin siihen tosiseikkaan, että koko paljastetun pintajuuriston kuutio siis osittain kaivettujen juurten tyvet mukaan luettuina, tekee 0.0591 m³. On otettava huomioon, että 1 ¹/₂ m:n mittaiset tyvet sisältävät tavallisesti suurimman osan kuutiosta.

Tyven lähellä olevasta syväjuuristosta antaa käsityksen kuva 46. Sen pääosan muodostaa kolme tukevaa juurta, jotka, tosin jonkin verran haaraantuen, mutta kuitenkin varsin vankkoina ulottuvat n. metrin syvyyteen, missä hajoavat useaan pikkuhaaraan tai kääntyvät vaakasuoraan. Vahvin mainituista juurista on tyvestään 275 × 250 mm läpimitaten; se ulottuu 95 cm:n syvyyteen, jossa kääntyy vaakasuoraksi ollen tällöin 105 × 65 mm:n vahvuinen. Juurta on edelleen seurattu 1.70 m, jolla matkalla se vähitellen nousee lähemmäksi pintaa ja on lopulta enää 50 cm:n syvyydessä. Nyt haaraantuu juuri kahtia ja näyttää kääntyvän jyrkemmin pintaa kohti. Muita juuria kaivaessa on se katkennut mainitun 1.70 m:n päässä kääntymäkohdastaan. — Toinen paalujuurista on tyveltään 185 mm:n vahvuinen. Se suuntautuu aluksi vinosti alaspäin, saavuttaa 75 cm:n syvyyden, jossa kääntyy kolmatta (pienintä) paalujuurta kohti muodostaen lujan liitossillan ja jatkuen vaakasuorana juuren n:o 11 nimellä. Useat haaroista ulottuvat 1 m:n syvyyteen; yksi niistä on muita huomattavasti vahvempi. Monet vaakasuorat pääjuuret saavat alkunsa tästä paalujuuresta samoin kuin ensimmäisestäkin. — Kolmas vankoista syväjuurista on tyvimitoiltaan 125 × 85 mm. Se jakaantuu 55 cm:n syvyydellä kolmeen tukevaan haaraan, joista yksi on edellä mainitun sillan välityksellä lujasti yhtynyt toiseen paalujuureen. Muut kaksi haaraa taas ovat kasvaneet kiinni ensimmäiseen. Näin muodostaa syväjuuristo lujan jalustan puulle. Kolmannenkin paalujuuren haarat yltävät 95 cm:n syvyyteen. — Paitsi edellä mainittuja syväjuuria on vielä merkittävä eräs tyveltään 59 mm:n läpimittainen »luutajuuri», joka saa alkunsa eräästä pintajuuresta n. metrin päässä rungosta. Vielä toinenkin (tyveltään 16 mm:n vahvuinen) »luutajuuri» lähtee pintajuuresta puun tyven luota. — Hajallaan olevia syväjuuria on vähän. On merkitty vain pari, nekin aivan ohuita, jotka saivat alkunsa 6—6.5 m:n etäisyydellä rungosta ja ulottuivat 45—55 cm:n syvyyteen. — Syväjuurien kuutiomäärä, kannon alus mukaan luettuna, on 0.0709 m³.

Kun juuri mainittuun lukuun lisätään pintajuuriston kuutio koko puuta kohti arvioituna, saadaan tulokseksi **0.1369 m³, joka rungon kuutiosta on 33.5 %.**

Paitsi syväjuuriston yhteydessä kerrottuja yhteenkasvettumia mainittakoon pintajuurten n:ot 2 ja 3 välinen n. 1 m:n etäisyydellä rungosta.

Niiden kolmen, osaksi lahonneen juuren lisäksi, jotka esiintyvät edellä toisessa taulukossa, on vielä merkitty kuusi muuta. Eräästä on jäljellä vain n. 20 cm:n mittainen puun tyvestä lähtevä tynkä. Lahonneiden kohtien paksuus vaihtelee 1—5 cm:iin.

Katkeamia on merkitty mainitun paalujuuren jatkon lisäksi vain yksi 7 mm:n ja kaksi 2—3 mm:n.

Koepuu n:o 2, mänty, kasvuisan näköinen, vapaasti kehittynyt puu. Tyvessä 30 vuotta aikaisemmin sattuneen kulon aiheuttama melkein kylestynyt vioittuma. Sijaitsee 7 m ensimmäisestä koepuusta luoteeseen maastoselostuksessa mainitun pienen notkon luoteispäässä. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age. years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XIII,2 Mänty *Pine*	54	9.25	1.75	15.2	24.0	0.0767

Latvuksen leveys suuntaan NNW—SSE on 4.00 m ja vastaiseen suuntaan 2.80 m. Juuristo on selvitetty kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin. Keskusympyrä piirrettiin ja juurakko valokuvattiin (kuva 47).

Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 m j.n.e.) mitattiin 26 juurta, joista pääjuuria 13. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu XIII,2. *Sample tree XIII,2.*

Juuren mitat *Measurements of root* / Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	63	24	16	72	118	39	75	60	58	27	81
	vertik. *vertic.*	66	41		66	111	70	89	70	89	24	71
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		60×46	19	8	34	55	19	28	19×23	45	11	34
Diam. 2.5 m tyvestä, mm *Diam. at 2.5 m from the base, mm*		5	4	4	.	15	4	3	1	6	7	13
Pituus, m *Length, m*		4.5	5.0	6.5	[1]) 1.5	11.0	5.5	3.5	3.0	4.5	5.0	10.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		10.5	36.9	14.9	35.7	12.7	7.9	31.6	14.0	12.5	6.9	18.3

[1]) Juuri katkennut 15 mm:n vahvuisena. — *Broken root, its diameter being 15 mm.*

Pintajuurten pituuksien summa on 168.5 m. Laajuus 91 m², joten neliömetriä kohti tulee 1.9 m juurta. — Keskisyvyydeksi on saatu nojautuen 137 mittaukseen 15.3 cm ja kuutiomääräksi 0.0238 m³. Syvyyden ja paksuuden puolesta mittaamatta on ohuinta juuriston osaa 60.5 m. Sen keskivahvuutena on pidetty 3 mm ja tehty mainittuun kuutiomäärään tämän mukainen lisäys.

Vankka paalujuuri, tyvestään (pintajuurien alta) 160 mm, lähtee jotenkin kannon keskeltä hiukan viistoon alaspäin, mutta kääntyy jo 40 cm:n syvyydellä vaakasuoraan ja jatkuu juurena n:o 13. Vain pieni haara jatkaa kulkuaan alaspäin ensin loivasti, sitten pystysuoraan kääntyen ja saavuttaa 73 cm:n syvyyden. Kauempana rungosta olevia syväjuuria on merkitty vain yksi, joka 3 mm:n vahvuisena lähtee pintajuuresta parin metrin päässä puun tyvestä. — Syväjuuriston kuutio, kannon alus mukaan luettuna, on 0.0133 m³.

Koko maanalaisen osan kuutiomääräksi saadaan yhdistämällä pinta- ja syväjuuriston kuutiot 0.0371 m³, joka rungon kuutiosta on 48.4 %.

Katkeamia on merkitty viisi. Niistä yksi 15 mm:n on sattunut juuren mennessä 50 cm:n syvyydellä suuren kiven alle. Toinen katkeama on 5 mm:n, muut 2 mm:n.

K o e p u u n : o 3, mänty, virkeän näköinen, vapaasti kasvanut taimi. Sijaitsee 8 m koepuusta n:o 1 etelään. Seuraavassa muita tietoja.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XIII,3 Mänty *Pine*	30	2.00	0.32	1.9	10.6	0.00116

Latvuksen leveys suuntaan N—S on 1 m ja suuntaan W—E 0.70 m.

Juuristo kaivettu kokonaan esiin. Pintajuuristo kartoitettiin, juurakosta tehtiin piirros.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 16.0 m, sen keskisyvyys 24 mittauksen nojalla 12.0 cm ja kuutiomäärä 0.00036 m³ sekä laajuus 13 m². Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, m j.n.e.) on mitattu 11.0 metriä horisontaalista juuristoa. Juurten tyviläpimitat olivat 24 mm:stä alaspäin. Pisin juuri oli 5 m:n mittainen.

Paalujuuri suuntautuu jotenkin kohtisuoraan alaspäin ulottuen 35 cm:n syvyyteen, jossa haaraantuu kahtia. Kumpikin haara jatkaa kulkuaan vaakasuoraan suuntaan. Paalujuuren ja kannon aluksen kuutio on 0.00011 m³. Kun tähän lisätään pintajuuriston vastaava luku, saadaan koko juuriston kuutiomääräksi 0.00047 m³, joka on 40.5 % rungon kuutiosta.

K o e p u u n : o 4, mänty, 120 cm edellisestä itään sijaitseva, virkeä, vapaasti kasvanut taimi. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XIII,4 Mänty *Pine*	2.16	0.74	2.7	12.1	0.00189

Latvuksen leveys suuntaan WNW—ESE on 1.20 m ja vastakkaiseen suuntaan 0.75 m.

Juuristo kaivettu kokonaan esiin. Horisontaalinen juuristo kartoitettiin, juurakosta tehtiin piirros.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 22.5 m, keskisyvyys 29 mittauksen nojalla 9.3 cm ja kuutiomäärä 0.00052 m³ sekä laajuus 1 4 m². Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) on mitattu 16.0 m vaakasuoraa juuristoa. Juurten tyviläpimitat olivat 25 mm:stä alaspäin. Pisin juuri oli 3 m:n mittainen.

Paalujuuri suuntautui aluksi suoraan alaspäin, mutta alkoi sitten käyristyä ja kääntyi jo 21 cm:n syvyydellä vaakasuoraksi haaraantuen samalla kahtia. Paalujuuren ja maanalaisen kannon kuutio on 0.00018 m³. Lisäämällä pintajuuristo saadaan näin ollen koko maanalaisen osan kuutiomääräksi 0.00070 m³, joka on 37.0 % rungon kuutiosta.

Koepuut n:ot 5 ja 6, mäntyjä, koealan piirissä vapaasti kasvaneita, hitaasti kehittyneitä lähekkäisiä (väli 23 cm) taimia. Muita tietoja taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Pituus, m *Height, m*	Tyvidiam., cm *Base diam., cm*	10 viime vuoden keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*
XIII,5 Mänty *Pine*	0.76	1.4	6.0
XIII,6 Mänty *Pine*	0.48	1.0	4.6

Juuristot kaivettiin kokonaan esille. Pintajuuristot kartoitettiin mittakaavaan 1: 20; juurakoista tehtiin piirrokset. — Pintajuuristoa oli edellisellä 7.1 m, jälkimmäisellä 2.7 m. Laajuudet laskettuina 1/4 neliömetrin ruutuina olivat 2.75 ja 1.50 m², joten yhtä neliömetriä kohti siis tuli vastaavasti 2.6 ja 1.8 m juurta. — Säännöllisiä vahvuus- ja syvyysmittauksia ei tehty pintajuurten suhteen, mutta mainittakoon, että koepuulla n:o 5 oli vaakasuoria juuria vielä 8 ja 13 cm:n syvyydellä. Koepuulla n:o 6

taas ei ollut merkittäviä horisontaalisia juuria 7 cm:ä syvemmällä. — Paalujuuri oli kummallakin selvä ulottuen 25—28 cm:n syvyyteen.

Koepuut n:ot 7—22, männyn taimia koealan piiristä. Niiden pituus vaihteli 0.47—1.41 m:iin ja tyviläpimitta 1.0—2.7 cm:iin. Havaintoja tehtiin etupäässä syväjuuriston suhteen. Tätä varten piirrettiin kuva kunkin yksilön juurakosta määrättyyn mittakaavaan.

Todettiin, että kuudella taimella oli selvä, pääasiassa alaspäin suuntautuva paalujuuri, joka kyllä saattoi melkoisesti mutkitella. Kahden taimen paalujuuresta voi tuskin puhua, se kun oli kääntynyt vaakasuoraksi (toisella lisäksi haaraantunut kahtia) pääsemättä tunkeutumaan pintajuurten tasoa syvemmälle. Neljä paalujuurta kääntyi vaakasuoraksi lähellä pintaa, n. 10 cm:n syvyydellä ja neljä jonkin verran syvemmällä, enintään 20 cm maanpinnasta. Kuvat 10, 11 ja 12 esittävät kolmea tyypillistä juurakkoa puheena olevista. — Suurin syvyys, johon puheena olevien koepuiden paalujuuria seurattiin, oli 27 cm. — Muita puun tyven lähellä olevia syväjuuria, pintajuurista lähteviä tai paalujuuren vertikaalisia haaroja, merkittiin vain parissa tapauksessa.

Pintajuurten yleinen taso on juurakoista päättäen 6—7 cm.

KOEALA XIV.

Paikka: Koeala sijaitsee Pielisjärven pitäjässä, Pielisjärven pohjoisessa valtionpuistossa, n. 1 1/2 km edellisestä koealasta länteen kankaalla, jota sanotaan Valkosenkankaaksi. Aivan lähellä koealaa on suurin Valkosenlammista. Kaivuuaika: Syyskuu v. 1924.

Metsikkö: Siellä täällä vanhoja mänty-ylispuita tai ylispuuryhmiä, joiden välillä ja ympärillä on eri kokoista nuorennosta. Koealan piirissä kasvavien puiden sijoitus selviää kartasta n:o 11, johon on tutkitun ylispuun lisäksi merkitty sitä ympäröivä nuorennos metrin pituuserotuksin sekä vielä ylispuun latvusprojektio. Puuyksilöitä, emäpuuta lukuun ottamatta, on latvusprojektion ja sitä ympäröivän 1 m:n levyisen kaistaleen alalla 156. Pituusasteisiin jakautuvat ne seuraavasti:

pituus, m	puuluku	pituus, m	puuluku
$<$ 1	36	4—5	9
1—2	41	5—6	4
2—3	42	6—7	1
3—4	23		

Taimet ovat virkeitä ja hyväkasvuisia. Etempänä latvuksen ulkopuolella sen sijaan on nuorennos pientä ja kituvaa.

Muutama metri puukartan alueen rajasta itään oli maatunut suuren puun runko (koepuu n:o 2). Pitkin rungon sivua ja juurakon ympärillä kasvoi niin ikään joukko kauniita nuoria mäntyjä. Ympäristön taimet olivat täälläkin pieniä ja surkeita.

Nuorennoksen ryhmittyminen edellä kuvatulla tavalla vanhojen ylispuiden ja maapuiden ympärille on yleistä Valkosenkankaalla ja muillakin laihoilla hiekkakankailla näillä tienoin.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Kasvisto karua ja lajiköyhää; leiman antavina mainittava kanerva ja jäkälät.

Metsätyyppi: Kanervatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o: Humuksen vahvuus 1—3 cm. Valkohiekkaa 0—6 cm, sen väri punertavan harmaa. Seuraava kerros 10—15 cm on vaalean ruosteen ruskeaa, karkeahkoa hiekkaa, joka paikoin on iskostunut hapraiksi kokkareiksi. Ruskohiekan alla on 70 cm hienompaa vaaleaa hiekkaa jossa paikoin karkeampia, pikkukivisiä kerroksia. Vielä on 25—30 cm edellistä hienompaa ja edellistä vaaleampaa hiekkaa, jonka alta, siis 110—120 cm:n syvyydeltä, alkaa tiukka, pikkukivinen sora.

Valkosenkangas on toista kilometriä pitkä, koealan kohdalta melkein tasainen, mutta paikoin jonkin verran aaltoileva kangas, joka on korkean Valkostensärkän ja edellä (koealan XIII yhteydessä) mainitun Soikonsärkän välillä kapeahkojen soiden niistä erottamana. Kankaan pituussuunta on sama kuin mainittujen särkkien, nim. WNW—ESE.

Läheisen lammen pinta on koealan kohtaa n. pari metriä alempana.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n: Huomattavalta osalta selvitettiin yhden ison ylispuun juuristo, jonka lisäksi tehtiin havaintoja toisen suuren kaatuneen puun ja 17:n nuorennokseen kuuluvan puun juuristoista. — Kartoitus toimitettiin jakamalla alue yhden neliömetrin ruutuihin.

K o e p u u n:o 1, mänty, laajaoksainen, lahovikainen, kuivalatvainen, iäkäs ylispuu. Seuraavassa lähempiä tietoja.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. (arviolta) *Age, years (estimated)*	Pituus, m (hypsometrimittaus) *Height, m (hypsometer measurement)*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n pituuskasvu *Height increment of the last 10 years*
XIV,1 Mänty *Pine*	250	17.5	4	57	—

Latvuksen laajuus selviää puukartasta (kartta n:o 11), samoin nuorennoksen ryhmittyminen puun ympärille (vrt. myös metsikön selitystä). Puun latva oli 9 m:n korkeudelta kuiva ja kelottunut. Tyvessä oli melkein umpeen kylestynyt paloviottuma ja siinä n. metrin korkeudella pari männyn kääpää *(Trametes pini)*. Puu valittiin tutkittavaksi etupäässä nuorennoksen tyypillisen ryhmittymisen takia sen ympärille. — Tällaista ryhmittymistä ovat aikaisemmin selostaneet m.m. HESSELMAN (1910) ja AALTONEN (1919).

Juuristoa ei selvitetty kokonaisuudessaan. Puuta ei edes kaadettu. Kuitenkin kaivettiin esille melkoinen osa pintajuuristoa, joka on kuvattuna kartalla n:o 10. Tämän osan juurten yhteinen pituus on 5 9 8 m. Arvion mukaan suhtautuu kaivettu osa kaivamattomaan kuin 4: 5. Näin ollen olisi selvittämätön osa mitaltaan 748 m ja pintajuuristo siis kokonaisuudessaan tasaisin luvuin 1 3 5 0 m. Kartan esittämän juuriston osan laajuus on 2 5 5 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 2.3 m juurta. Käyttämällä samaa suhdetta kuin edellä saadaan kaivamattoman osan laajuudeksi 319 m² ja siis koko pintajuuriston laajuudeksi hieman pyöristettynä 5 7 5 m². — Juuria on säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattu vain 91 m, joten kokonaiskuution esittäminen ei tule kysymykseen. Huomattakoon kuitenkin, että jo yksin mitattujen

juurten kuutio tekee $0._{1827}$ m³. Keskisyvyys on laskettu 62 mittauksen nojalla ja saatu $10._{4}$ cm:ksi. Mainittakoon, että eräät esille kaivetuista juurista kulkivat jopa 25—30 cm:n syvyydellä. Tämä oli kuitenkin harvinaista.

Säännöllisesti mitatuista juurista annetaan tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu XIV,1. *Sample tree XIV,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	3	5	9	10	11	12
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	243	103	166	84	300	107	107	76
	vertik. / *vertic.*	282	106			363	120	106	
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		110×112	78	85	74	74	70	64	26
Diam. 5 m tyvestä, mm / *Diam. at 5 m from the base, mm*		70	35	26	6	36	11	37	24
Pituus, m / *Length, m*		$19._{5}$	$14._{0}$	$14._{0}$	$6._{0}$	$9._{0}$	$11._{5}$	$8._{0}$	$7._{9}$
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		$11._{2}$	$8._{9}$	$10._{4}$	$9._{0}$	$10._{1}$	$9._{7}$	$10._{7}$	$13._{0}$

Juuren n:o 1 mittaustulokset otettakoon tähän kokonaisuudessaan.

Mittakohdat / *Points of measurement*		tyvi / *base*	$0._{5}$ m	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	11 m	13 m	15 m	17 m	19 m
Juuri n:o 1. / *The root no. 1*	Diam., mm	243×282	103×106	110×112	69	70	36	35	30	28	31	7	2
	Syvyys, cm / *Depth, cm*	—	9	10	10	·	10	7	12	12	17	16	9

Pintajuuristosta oli melkoinen osa kuollutta, kuten kartastakin selviää. Kuolleitakin juuria seurattiin niin pitkälle kuin kävi päinsä. Mutta eräiden juurten kaivuu oli keskeytettävä jo parin senttimetrin vahvuisena, pehmeäksi lahonneesta jatkosta kun ei enää saatu selvää. Niissäkin juurissa, jotka vielä olivat elossa, huomattiin usein pihkoittuneita paloviottumia. Juurikartan mukaan on sille merkitystä juuristosta $82._{5}$ m eli $13._{8}$ % kuollutta. Jos lahonneet juuret olisi kokonaisuudessaan voitu saada kaivetuiksi, olisi mainittu %-luku koko joukon suurempi.

Puun tyven lähellä olevaa syväjuuristoa ei kaivettu, mutta hajallaan olevat syväjuuret pantiin merkille. Niitä huomattiin kaikkiaan 17. Kartalla esiintyvät ne pieninä kiemuraviivoina. Läpimitoiltaan olivat puheena olevat juuret vähäisiä. Erästä, joka alas kääntyessään oli 5 mm:n vahvuinen, seurattiin $1._{70}$ m:n syvyyteen, eikä se vielä päättynyt. Nähtävästi ulottui juuri pohjaveteen asti, joka ei enää ollut kaukana. Erästä toista, tyvestään 3 mm:n vahvuista syväjuurta seurattiin 85 cm:n syvyyteen.

Päätä ei vielä tavattu. — Voidaan panna merkille, että kyseessä olevia hajasyväjuuria ainakin kolmessa tapauksessa esiintyi ryhminä.

Seuraavan koepuun selostuksessa esiintyvät havainnot ovat omiaan täydentämään edellisen nojalla saatua käsitystä puheena olevan koepuun juuristosta.

Koepuu n:o 2, mänty, aikoja sitten kaatunut puu, jonka runko on maatunut ja sammaloitunut. Puu sijaitsi edellisestä n. 15 m itään. Rinnankorkeusläpimitta on 45 cm:n vaiheilla. Juurakko on kelottunut ja hyvin säilynyt, kuten kuva 48 osoittaa. Siitä saa selvän käsityksen juurten paljoudesta ison puun tyvellä.

Syväjuuretkin olivat hyvin säilyneet, vaikka ne kuvaa otettaessa hakattiin poikki (vaaleat rosoiset kohdat). Kaksihaarainen paalujuuri (kuvassa lapion lavan kohdalla) oli pituudeltaan juuriston alapinnasta lukien 1 m. Huomattavin lähisyväjuurista (tyvi hiukan ylöspäin lapion varren keskikohdasta) oli 1.50 m:n mittainen ja kärkipuoleltaan litistynyt, kämmenen muotoinen. Lisäksi tavattiin kolme pienempää syväjuurta lähellä puun tyveä.

Yllä olevasta voidaan päättää, että syvimmälle menevät juuret ovat tunkeutuneet n. kahden metrin syvyyteen, paalujuuri ehkä puolentoista.

On todennäköistä, että ensimmäisen koepuun syväjuuristo on saman suuntainen kuin tämänkin.

Koepuut n:ot 3—19, mäntyjä, ensimmäistä koepuuta selvitettäessä poistettuja nuorennokseen kuuluvia pieniä puuyksilöitä, jotka kasvoivat ison koepuun latvuksen alla tai sen läheisyydessä. Tyviläpimitta vaihtelee 1.0—3.0 cm:iin ja ikä 30—45 v:een. Havaintoja tehtiin etupäässä syväjuuriston suhteen. Niinpä pantiin merkille, että 8 yksilöllä oli selvä ja suurin piirtein kohtisuoraan alaspäin suuntautuva paalujuuri, kun taas 9 yksilön paalujuuri oli sivulle päin kääntynyt. Kolmessa tapauksessa oli juuri kääntynyt aivan lähellä maanpintaa (alle 10 cm) jatkuen tavallisena pintajuurena. Tällöin paalujuuresta tuskin voi puhua. Kuudessa tapauksessa kääntyi paalujuuri syvemmällä (yli 10 cm). Kääntymiskulma oli 5 puulla suora tai melkein suora, 6:lla suuntautui paalujuuri aluksi viistoon alaspäin ja kääntyi vasta vähitellen vaakasuoraan. — Juurakoista päättäen oli pintajuuriston yleinen taso keskimäärin 7.5 cm.

KOEALA XV.

Paikka: Koeala sijaitsee Pielisjärven pitäjässä, Ontreilan tilan maalla, n. 3 $^{1}/_{2}$ km Issaanvaaran talosta etelään Uudenkylän maantien varressa lähellä Ilveslampea.
Kaivuuaika: Syyskuun loppupuoli v. 1924.

Metsikkö: Jotenkin tiheä, rehevä, hyväkasvuinen, n. 50-vuotinen männikkö, jonka alla koivuja ja joitakin kuusia sekä runsaasti kookkaita katajapensaita. Puiden asema ja koko selviää puukartasta (kartta n:o 13), johon myös latvusprojektiot on merkitty.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavana esiintyy runsaan varvuston ja yhtenäisen sammalpeitteen ohella verraten runsas ruoho- ja heinäkasvillisuus.

Metsätyyppi: Mustikkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humus 3 cm; valkohiekka 2—20, useimmiten 6—10 cm; ruskea hiekka (jotenkin hienoa, pikkukiviä harvakseen) 20 cm; harmaa hiekka, jossa runsaasti pikkukiviä ja karkeita aineksia, mutta joukossa myös hienoa ainesta

20 cm; karkea, punertava hiekka, vapaa hienoista aineksista 65 cm (karkeus vaihtelee kerroksittain); hieno vaalea hieta, yläosastaan miltei savimainen (tässä kerroksessa runsaasti juuria) 10 cm; punertava, keskikarkea hiekka 45 cm; hieno vaalea hieta 5 cm, punertava keskikarkea hiekka 5 cm; isokivinen sora (kivet nyrkin kokoisia ja isompia). — Viimeksi mainittu kerros alkaa 1.75—1.80 m:n syvyydellä. Sen päällä on paikoin ohuelti hienoa, tuoreena savimaista hietaa.

Mittaukset on tehty koepuun kaivuukuopasta. Humuksen ja valkohiekan vahvuutta mitattiin useasta kohti. — Mainittakoon vielä, että koepuusta n. 1 1/2 m pohjoisluoteeseen löytyi 40 cm:n syvyydeltä runsaasti hiiltä, jonka läheisyydessä hiekka oli muuttunut kirkkaan ruosteen punaiseksi. Hiiltä tavattiin 60 cm:n vahvuisessa kerroksessa alkaen edellä mainitulta syvyydeltä. Esiintymä näytti jatkuvan pohjoiseen päin. Sen leveys oli metrin paikkeilla.

Koealan seutu on osa laajaa tasaista mäntykangasta, joka yleensä ei ole puolukkatyyppiä parempaa. Mustikkatyyppiin kuuluva alue koealan ympärilläkään ei ole laaja. Pohjoiseen päin ulottuu se koealan reunasta (puukarttaan merkitty alue) parikymmentä metriä. Maa laskeutuu hiljakseen tähän suuntaan. Muodostuu notko, jonka toisella puolen on selvästi karumpaa maata. Etelään päin muuttuu maa puolukkatyyppin luontoiseksi niin ikään parinkymmenen metrin päässä koealan reunasta. Länsireunalta alkaa maa laskeutua isovarpurämeelle, jonne on matkaa n. 10 m. Räme on länteen käsin 20—30 m:n levyinen rajoittuen Ilveslampeen. Idässä taas kulkee maantie vajaan 10 m:n päässä vastaavasta koealan reunasta. Toiselle puolen tien ulottuu mustikkatyypin maa vain muutaman metrin.

Ilveslammen pinta on n. 3 m alempana koealan tasoa.

Juuristojen selvittäminen: Täydelleen tutkittiin yhden, metsikön valtapuun juuristo, joka siis kokonaisuudessaan kaivettiin esiin. Pintajuuriston kartoittamista varten jaettiin koeala 4 m²:n suuruisiin ruutuihin.

Koepuu n:o 1, mänty, erittäin hyväkasvuinen, rehevälatvuksinen valtapuu. Seuraavassa tietoja siitä.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XV,1 Mänty *Pine*	52	17.90	8.50	22.2	29.0	0.3437

Latvuksen leveydet eri suuntiin nähdään puukartasta.

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin, piirrettiin keskusympyrä, syväjuuristo valokuvattiin.

Pintajuuristosta saadaan käsitys kartan n:o 12 avulla sekä kuvan 13 välityksellä.

— Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) on mitattu 36 horisontaalista juurta, joista 25 puun tyvestä lähteviä. Seuraavassa tietoja tärkeimmistä niistä.

Koepuu XV,1. *Sample tree XV,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	2	3	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	103	48	45	57	42	39	66	73	51	121	42	79	56	46
	vertik. / *vertic.*	199	27	105	90	62		135	150	57	160	59	147	100	72
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*	horis. / *horiz.*	37	14	16	16	15	12	11	20	27	26	11	21	18	14
	vertik. / *vertic.*	41			17	16			23	23			24		
Diam. 5 m tyvestä, mm / *Diam. at 5 m from the base, mm*		17	7	5	2	3	6	5	7	5	4	3	6	7	7
Pituus, m / *Length, m*		17.0	11.0	10.5	6.0	8.0	9.0	7.5	8.5	7.0	10.5	8.0	10.5	12.0	8.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		9.3	12.1	9.5	20.7	9.7	10.7	14.5	9.3	8.4	10.4	14.0	7.5	14.0	22.6

Kokonaisuudessaan esitettäköön juuren n:o 1 mittaustulokset.

Koepuu XV,1. *Sample tree XV,1.*

Mittakohdat / *Points of measurement*		tyvi / *base*	0.5 m	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	11 m	13 m	15 m	17 m
Juuri n:o 1 / *The root no. 1*	Diam., mm	103×199	72×95	37×41	17	17	12	7	4	4	3	15
	Syvyys, cm / *Depth, cm*	3	3	5	12	9	10	14	18	14	9	5

Horisontaalisen juuriston pituussumma on 436 m ja laajuus 179 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 2.4 m juurta. Keskisyvyys on 199 mittauksen nojalla laskettu 15.3 cm:ksi ja kuutiomääräksi on (perustuen hiukan useampaan mittaukseen) saatu 0.0503 m³. Säännöllisesti mittaamatonta osaa on kyllä n. puolet juuriston pituudesta, nim. 220 m, mutta kuutioon se ei paljoa vaikuta, sillä siihen sisältyy yleensä vain ohuita, tyveltään alle 1 cm:n vahvuisia juuria. Jos kuitenkin mittaamattoman osan keskimääräisenä vahvuutena pidetään 3 mm ja tehdään sen mukainen lisäys, saadaan pintajuuriston kuutioksi 0.0518 m³.

Syväjuuristo on hyvin kehittynyt. Verrattakoon juurakosta otettua kuvaa 49. Paalujuuri lähtee rungon kohdalta suoraan alaspäin. Sen vahvuus tyvestään, 32 cm:n syvyydeltä on 175 × 150 mm. 40 cm alempana jakaantuu juuri 5:een haaraan, joista

eräät tunkeutuvat 180 cm:n syvyyteen. Aina 125 cm:n syvyyteen ovat vahvimmat haarat 15—20 mm läpimitaten. Mutta mainitulla kohdalla osoittavat juuret taipumusta kääntyä vaakasuoraan; myös pieniä sivuhaaroja on tällä kohtaa runsaasti. Syvälle päin jatkavat kulkuaan vain aivan ohuet juuret. Mainitun 125 cm:n tasolla on ollut savimainen kerros, jossa tavattiin runsaasti hienoja juuria (vrt. maaperäselostusta). — Toinen vankka syväjuuri saa alkunsa eräästä pintajuuresta n. $^1/_2$ m sen tyvestä. Tyviläpimitta (18 cm:n syvyydellä) on 50 × 57 mm. Tämäkin juuri haaraantuu ennen pitkää kolmeen päähaaraan, jotka puolestaan taas jakaantuvat useaan osaan. Pisimmät haarat saavuttavat edellä mainitun 180 cm:n syvyyden. Niilläkin on taipumusta 125 cm:n kohdalla kääntyä vaakasuoraan ja lähettää runsaasti sivujuuria. — Suunnilleen edellisen tapainen on kolmannenkin syväjuuren kulku. Sekin on pintajuuren haara mutta lähtee vähän lähempää puuta. Tyvestään on se jokseenkin edellisen mittainen. Se kulkee ehkä suorempana ja haaroo vähemmän kuin edelliset saavuttaen 150 cm:n syvyyden. Huomiota ansaitsee erittäin kaunis, sananjalkamainen haaroma n. 1 m:n syvyydellä lukuisine mehevine valkoisine kärkineen. Samantapaisia muodostumia on kyllä muillakin syväjuurilla, joskaan ei näin kauniita. — Vielä kolme muuta verraten vahvaa (tyvestä 25—35 mm) pintajuurista haarautuvaa syväjuurta tavataan.

Merkille pantavaa on, että syvemmälle kuin yksikään yllä mainituista juurista ulottuu eräitä aivan ohuita, alaspäin kääntyessään 3.5—9 mm:n vahvuisia syväjuuria. Näitä lähtee viisi kappaletta jotenkin läheltä toisiaan n. 1 $^1/_4$ m:n etäisyydellä puusta painumaan alas käsin. Yksi näistä on jonkin vieraan puun juuri, joka on kasvanut kiinni koepuun juurakkoon (merkitty keskusympyrään katkoviivoilla). Nämä kaikki kulkevat yhdessä rykelmässä mutkitellen ja haaroen aina sorakerrokseen asti (175 cm:n syvyyteen). Nyt on loppuun asti seurattu vain kahta, mutta kun muutkin olivat sorakerroksen pinnassa vielä parin mm:n vahvuisia ja lujasti kiinni, voidaan olettaa että ne tunkeutuivat samaan syvyyteen kuin ensin mainitutkin. Nämä kiertelivät ja mutkittelivat kivien lomassa pyrkien vähä vähältä alaspäin ja saavuttaen lopulta 220 cm:n syvyyden. — Mainittakoon vielä, että tähän päätekohtaan tuli vielä eräs vieraan männyn juuri, jonka lisäksi koivun juuriakin tunkeutui samaa uomaa myöten sorakerrokseen asti.

Syväjuuriston kuutiomääräksi on saatu 0.0099 m^3 ja kannon aluksen 0.0124 m^3. Jos näiden summaan lisätään pintajuuriston tilavuus, saadaan koko maanalaisen osan kuutiomääräksi 0.0741 m^3. Rungon kuutiosta on tämä 21.6 %.

Kuolleita juuren päitä on merkitty ainoastaan yksi, nim. juuren n:o 1, jonka kärjessä on kuollutta 12 cm:n pituudelta.

Yhteenkasvettumista on jo mainittu vieraan männyn juuri, joka on kasvanut kiinni erääseen koepuun pintajuureen lähellä puun tyveä. Toiselta puolen on muuan koepuun juurista kasvanut kiinni läheisen vieraan puun juureen, kuten juurikartta osoittaa. Koepuun juuri on yhtymäkohdassa 6 mm läpimitaltaan, vieraan puun juuri taas 75 × 132 mm. Yhtymäkohdan syvyys on 15 cm. Yhtyvä juuri kulkee ensin vahvan, vieraaseen puuhun kuuluvan juuren alitse läheltä tyveä ja yhtyy seuraavaan, saman puun juureen jatkumatta enää minnekään. — Koepuun omien juurten välisiä yhteenkasvettumia on merkitty neljä. Kaikissa tapauksissa molemmat juuret jatkuvat; eräs yhdistää kaksi syväjuurta toisiinsa.

Katkeamia ei ole sattunut paljoa; pari 10 mm:n ja kymmenkunta parin mm:n on kuitenkin mainittava.

E r ä i t ä l i s ä h a v a i n t o j a k o e a l a l l a XV.
Edellä on jo mainittu eräistä koivun juurista, jotka tunkeutuvat syvälle maahan männyn juurien mukana. Koepuun juuristoa kaivettaessa oli m.m. lähellä sen tyveä runsaasti koivun juuria, jotka yleensä kulkivat samoilla syvyyksillä kuin männynkin. Mittauksia ei suoritettu. — Kaivaessa poistettiin juurten tieltä n. 1.5 m:n mittainen kuusi. Sen juuristo oli hyvin pintamyötäinen, suurin syvyys enintään 20 cm. — Varpujen juuret eivät männyn horisontaalisia juuria kaivaessa tehneet sanottavaa haittaa. Enin osa niistä oli nähtävästi maan pintakerroksen mukana tullut poistetuksi.

KOEALA XVI.

P a i k k a: Koeala sijaitsee edellisestä n. 1 1/2 km pohjoiseen Kaukas yhtiön omistaman Kohtavaaran tilan maalla Viekijoen rannalla ylimmäisen Uramokosken kohdalla.
K a i v u u a i k a: Lokakuun alku v. 1924.

M e t s i k k ö: Harva, n. 80-vuotinen männikkö. Koepuusta muutama metri länsiluoteeseen alkaa kuitenkin tiheämpi metsä, jossa koivua on sekapuuna ja kuusta alikasvoksena.

K a s v i p e i t e: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Runsaanlaisen varvuston ja yhtenäisen sammalpeitteen ohella on ruoho- ja heinäkasvillisuus hyvin niukka.

Sekametsän osalla on kasvillisuus jonkin verran rehevämpää.

M e t s ä t y y p p i: Puolukkatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o: Humus 2—5 cm; valkohiekka 8 cm (paikoin paksummalti, aina 30 cm:iin); ruskea hiekka 10—15 cm; hieno, vaalea, saven värinen hiekka 25 cm; punertava, kohtalaisen karkea hiekka. Kovempaa kerrosta ei rautakangella koetettaessa tavattu.

Kyseessä oleva paikka on samoja mäntykankaita, joilla edellinenkin koeala sijaitsi. Maa viettää heikosti länsiluoteeseen, jolla suunnalla 15 m koepuusta alkaa verraten jyrkkä, reheväkasvuinen jokitörmä. Vastakkaiseen suuntaan koepuusta muuttuu maa karummaksi; parinkymmenen m:n päässä voi sanoa kanervatyypin alkavan. — Joen pinta on koealaa n. 7—8 m alempana.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n: Vain yhden puun juuristoa käsiteltiin. Se kaivettiin kyllä kokonaisuudessaan, mutta ajan voittamiseksi tarkoituksellisen karkeasti kiinnittämällä päähuomio vain vahvimpiin juuriin. Juurikartta piirrettiin maahan lyötyjen 8:n, ilmansuuntia osoittavan paalun ja mittauksen avulla.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XVI,1 Mänty *Pine*	80	14.45	n. 5	16.7	24.2	0.1436

Koepuu n:o 1, mänty, normaalisen ja kasvuisan näköinen, vapaassa tilassa kehittynyt puu. Siitä tietoja edellä olevassa taulukossa.

Latvus on suippo ja kaunis, mutta harvanlainen. Se on levein (2.8 m) suuntaan NE—SW ja kapein (2 m) suuntaan NW—SE. Lähimmät puut sijaitsivat seuraavasti: 4 m koilliseen, 6 m koilliseen, 7 m pohjoiseen, 4 m länsiluoteeseen. Vastaavat rinnankorkeusläpimitat olivat: 27, 14, 26 ja 13 cm.

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan, mutta karkein piirtein, kuten edellä jo mainittiin. Pintajuuristosta piirrettiin kartta.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin 13 pintajuurta, joista 11 tyvestä lähteviä. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu XVI,1. *Sample tree XVI,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root*	Juuren n:o / *No. of root*	1	1 a	3	4	5	6	7	8	8 b	9
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	83	60	45	83	25	30	39	94	14	64
	vertik. / *vertic.*	150	59	87	130	47	60	40	190		113
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		30× 34	8	13	14	4	10	10	16	7	21
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		9	—	7	14	3	4	5	10	2	11
Pituus, m / *Length, m*		8.5	1.5	3.0	9.0	4.5	8.0	5.0	5.5	3.0	7.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		10.8	10.0	12.8	10.6	5.6	28.0	4.4	6.8	40.7	5.0

Mainittakoon, että eräät juuret, etenkin kankaalle päin (poispäin joesta) suuntautuvat, kulkivat hyvin lähellä maanpintaa pysytellen pitkiä matkoja humuksessa, joten kaivaessa ei hiekkaa ensinkään tullut näkyviin. — Pintajuuriston yhteinen pituus on 70.5 m ja laajuus 57 m², joten neliömetriä kohti tulee 1.2 m juurta. Keskisyvyys on 61 mittauksen nojalla 13.7 cm ja kuutiomäärä 0.0247 m³. Esiin kaivetusta pintajuuristosta on säännöllisin välein mittaamatta 12.0 m. Jos tämän osan varalta tehdään lisäys pitäen keskimääräisenä vahvuutena 5 mm, saadaan kuutioksi 0.0249 m³. — Huomattakoon, että edellä esitetyistä luvuista ei, noudatetun kaivuutavan vuoksi, varsinkaan pituutta osoittava ole muihin vastaaviin lukuihin sellaisenaan verrattavissa.

Syväjuurista on ensin mainittava, ettei mitään varsinaista paalujuurta ole, sillä kannon keskeltä lähtevä juuri kääntyy kohta vaakasuoraksi lähettäen kääntymiskohdastaan alaspäin vain vähäpätöisen, luutamaisen juuren, joka ulottuu vain 55 cm:n syvyyteen. Paljon huomattavampia ulottuvaisuuksiltaan ovat pintajuurten alaspäisinä haaroina n. ½ m:n etäisyydeltä puusta lähtevät kolme syväjuurta. Tyvimitoiltaan ovat ne 37, 41 × 46 ja 47 mm. Kaksi ulottuu vain 65 cm:n syvyyteen, mutta kolmas oli vielä 5 mm:n vahvuinen lähes metrin syvyydellä. Juuren muodosta päättäen eteni se vielä pitkälle, luultavimmin pohjaveteen saakka tai lähelle sitä. — Paitsi jo mainit-

tuja on vielä merkitty kolme syväjuurta etäällä puun tyvestä. Näistä ainakin yksi näyttää menevän syvälle. — Syväjuurten kuutiomääräksi, kannon alus mukaan luettuna, on saatu 0.0047 m³. Kun tähän lisätään vastaava pintajuuriston luku, saadaan koko maanalaisen osan kuutioksi 0.0296 m³, joka rungon kuutiosisällöstä on 20.6 %.

Katkeamia on kaivuutavasta johtuen sattunut. Pääjuuret ovat kuitenkin verraten eheitä. Kaksi 10 mm:n ja kaksi 4 mm:n katkeamaa on merkitty.

Yhteenkasvettumista mainittakoon, että eräs vankka pintajuuri on kulkiessaan kahden muun yli 20—40 cm:n etäisyydellä puun tyvestä kasvanut lujasti kiinni kumpaankin.

KOEALA XVII.

Paikka: Koeala sijaitsee Pielisjärven pitäjässä, Issaanvaaran tilan ulkopalstalla, mainitusta talosta n. 5 km itäkaakkoon Pahakalansärkäksi nimitetyn korkean harjun rinteellä. Kaivuuaika: Lokakuun alku v. 1924.

Metsikkö: Paikoin aukkoinen, paikoin tiheä, hidaskasvuinen n. 80-vuotinen männikkö, joukossa siellä täällä kuusta.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla koealaselitelmien lopussa. Runsaanlaisen varvuston ja tuuhean sammalpeitteen ohella on ruoho- ja heinäkasvillisuus hyvin niukka.

Metsätyyppi: Puolukkatyyppi (paksusammaltyyppiä lähentelevä).

Maaperä ja maasto: Humuksen paksuus 4—8 cm, sen alla ohut, vahvasti hiilipitoinen kerros, sitten valkomaata 5—10 cm. Seuraa ruskea kerros 20 cm, jonka alla karkea, kivinen sora; kivet pyöristyneitä, joukossa aina 15 cm:n läpimittaisia. Myöskin valko- ja ruskomaassa oli hienon aineksen seassa siellä täällä pyöreitä kiviä.

Pahakalansärkkä on yli kolmen kilometrin pituinen kapea (enimmäkseen 50—100 m) ja monin paikoin korkea, soiden ja lampien reunustama someroharju. Pituussuunta on NW—SE. Koillisrinne on yleensä jyrkkä, lounainen loivahko. Jyrkkä rinne on tuoreenpuoleista metsämaata, loiva yleensä kuivaa, kanervatyypin maata. Koeala sijaitsi koillisrinteellä, hyvin jyrkällä kohdalla. Korkeusero koepuun n:o 1 tyven ja harjun laen välillä oli n. 5 m sekä tyven ja harjun alla olevan nevan pinnan välillä n. 15 m. Vaakasuora välimatka mainitun puun tyveltä suon laitaan oli 23 m, joten lasku metriä kohti oli 0.65 m.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	5 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 5 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XVII,1 Mänty *Pine*	80	10.8	3.5	15.6	20.6	0.1179

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n: Yhden koepuun juuristo kaivettiin kokonaisuudessaan, mutta samalla tavoin karkein piirtein kuin edelliselläkin koealalla, siis pyrkien saamaan vain pääasiat juuristosta esille. Pintajuuristo kartoitettiin suuntapaalujen avulla. Toisesta koepuusta selvitettiin vain tyven lähellä oleva juuristo.

K o e p u u n:o 1, mänty, hidaskasvuinen valtapuu, vaikka naapureita huomattavasti kookkaampi. Puun pohjois- ja länsipuoli oli vapaata, idän puolella olivat naapurit lähimpänä. Muita tietoja edellä olevassa taulukossa.

Neljän viime vuoden kasvain on ollut 20 cm tai enemmän, sitä ennen paljon lyhyempi. Latvus on levein (2.5 m) suuntaan N—S ja kapein (2 m) suuntaan W—E.

Juuriston kaivuutavasta mainittu edellä. Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e) mitattiin 11 horisontaalista juurta, kaikki puun tyvestä tai sen läheltä lähteviä. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu XVII,1. *Sample tree XVII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root*	Juuren n:o / *No. of root*	1	2	3	4	5	6	7	8	12
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	61	85	64	60	62	70	40	92	75
	vertik. / *vertic.*	86	142	77	82		78	78	155	86
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		30	23	30	4	10	8	13	14	15
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		10	12	12	—	5	3	7	4	10
Pituus, m / *Length, m*		7.5	4.0	7.0	2.0	5.0	4.0	6.0	3.5	8.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		7.8	7.4	7.2	5.7	20.6	6.8	11.8	5.6	15.6

Eräät juuret, esim. pohjoiseen suuntautuva n:o 3 kulkivat aivan humuksen alla, eräät taas melkoisen syvällä. Kun otetaan huomioon, että rinne laskeutui koilliseen, ei juurten erikoista suuntautumista rinnettä alas tai ylös voida todeta.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 89 m ja laajuus 53 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 1.7 m juurta. Keskisyvyydeksi on 54 mittauksen nojalla saatu 12.5 cm ja kuutiomääräksi 0.0238 m³. Säännöllisin välein mittaamatonta on esille kaivetusta pintajuuristosta 40.5 m. Jos tämän varalta tehdään lisäys pitäen 5 mm keskimääräisenä vahvuutena, saadaan pintajuuriston kuutioksi 0.0246 m³. Kaivuutavasta johtuen ei varsinkaan juuriston pituus ole sellaisenaan verrattavissa muiden koepuiden vastaaviin lukuihin.

Koepuulla oli vankka paalujuuri, joka suuntautui kannon kaakkoissivulta lähtien suoraan alaspäin. N. 65 cm:n syvyydellä haarautui se kahtia. Katketessaan 90 cm:n syvyydellä oli vankemman haaran läpimitta vielä 27 mm, joten voidaan päättää sen ulottuneen edelleen ainakin 0.5 m. Muita merkittäviä syväjuuria ei tavattu. Paalu-

juuren kuutio, kannon alus mukaan luettuna, oli 0.0085 m^3 ja koko juuriston siis 0.0331 m^3, mikä rungon kuutiosta on 28.1 %.

Kaivuutavasta johtuen on katkeamia runsaanlaisesti. Huomattavimmat ovat 21, 13 ja 8 mm:n, muut ovat pienempiä.

Koepuu n:o 2, mänty, hoikka, sortokasvuinen puu, kasvupaikka edellisestä koepuusta 1 m eteläkaakkoon. Pituus oli 8.15 m ja läpimitta 1.3 m:n korkeudelta 6.1 cm. Todettiin, että puulla oli neljä pintamyötäistä pääjuurta, joiden tyviläpimitat olivat: 32×69, 34×80, 40×70 ja 50×106 mm. Rinnettä alas suuntautui juurista kaksi (toinen suoraan koilliseen, jonne jyrkin lasku), kun taas kaksi näytti kasvavan ylös käsin (juuria paljastettiin vain metrin verran tyvestä lähtien, joten suunnan muutokset eivät ole mahdottomia). — Minkäänlaista paalujuurta tai muuta syväjuurta ei tyven lähellä ollut, joten juurakko muistutti altapäin suolla tavattavia.

KOEALA XVIII.

Paikka: Koeala sijaitsee Oriveden pitäjässä, Yliskylä-Säynäjoen valtionpuistossa Pukalanselän suurimmassa saaressa, jota mainitaan Leenansaareksi. Kaivuuaika: Heinäkuun loppupuoli v. 1925.

Metsikkö: Harvanlainen, hyväkasvuinen männikkö, seassa harmaataleppää ja koivua; yksittäin alikasvoskuusia. Puiden asema 5 cm:n vahvuusastein selviää puukartasta (kartta n:o 15).

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavana esiintyy hyvin rehevä ruoho- ja heinäkasvillisuus.

Metsätyyppi: Käenkaalityyppi.

Maaperä ja maasto: Humuksen vahvuus on 4—5 cm. Sen alla on epäselvä humuksen sekainen valkomaakerros, vahvuudeltaan 4—5 cm. Seuraava on kiinteä, pikkukivinen, savimainen moreeni, joka kuivana on kivikovaa ja vain kuokalla tai rautakangella pieninä palasina murrettavissa. Tämä kerros ulottuu ainakin yhtä syvälle kuin juuriakin on seurattu, nim. 60 cm:n syvyyteen.

Koeala on heikosti lounaaseen päin, lähintä rantaa kohti kallistuvalla rinteellä. Rehevä alue on alaltaan vain muutamia aareja. Käenkaali-mustikkatyyppiä on kuitenkin hehtaarin verran.

Juuristojen selvittäminen: Täydelleen on kaivettu esiin kolmen puun juuristot. Näistä kaksi on mäntyä ja kolmas kuusi. Lisäksi tutkittiin osittain kah-

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m^3 *Volume, cbm.*
XVIII,1 Mänty *Pine*	40	12.90	5.80	14.7	40.9	0.1071

den muun männyn juuristoa. Pintajuuriston kartoittamista varten jaettiin maa yhden m²:n suuruisiin ruutuihin.

Koepuu n:o 1, mänty, erittäin reheväkasvuinen valtapuu. Muita tietoja seuraavassa.

Latvusprojektio on merkittynä puukarttaan (kartta n:o 15).

Juuristo on selvitetty kokonaisuudessaan. Pintajuuristosta antaa käsityksen kartta n:o 14. Juurakosta on otettu valokuva, kuva 50, josta selviää m.m. tyven lähellä olevan juuriston ulottuvaisuus vertikaaliseen suuntaan. Myös keskusympyrä piirrettiin.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 2, 3 m j.n.e.) on mitattu 16 pintajuurta, joista puun tyvestä lähteviä 12. Niistä tietoja seuraavassa.

Koepuu XVIII,1. *Sample tree XVIII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	82	80	38	69	57	26	70	30	67	42
	vertik. / *vertic.*	115	102	74	130	96	48	115	28	87	70
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		18×22	10	11	25	21	7	13	10	14	8
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		9	1.5	2	10	8	1.5	7	—	5	-
Pituus, m / *Length, m*		7.0	3.0	3.5	8.0	6.0	3.5	7.5	2.5	4.5	[1]) 2.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		9.2	8.2	8.7	10.0	5.9	11.2	12.9	17.6	16.4	18.0

[1]) Katkennut 4 mm:n vahvuisena. — *Broken the diameter being 4 mm.*

Pääpintajuuret ovat melkein säännöllisesti tyvestään huomattavan litteitä. Ne kulkevat, kuten keskisyvyyksistäkin voidaan päättää, yleensä mineraalimaassa, mutta usein lähellä humusta. Useat pikkuhaarat sen sijaan kulkevat kokonaan humuksessa

Pintajuuriston yhteinen pituus on 117 m ja laajuus 58 m², joten yhtä neliömetriä kohti tulee 2.0 m juurta. Keskisyvyydeksi on 91 mittauksen nojalla saatu 11.5 cm ja kuutiomääräksi 0.0195 m³. — Säännöllisin välein mittaamatta on tosin pintajuuristosta melkein tasan toinen puoli, nim 57 m, mutta kuutiomäärään suuresti vaikuttavia juuria ei tähän mittaan sisälly. Jos tämän osan varalta kuitenkin tehdään lisäys pitäen keskimääräisenä vahvuutena 3 mm, saadaan pintajuuriston kuutioksi 0.0199 m³.

Kuten juurikartastakin voidaan huomata, oli useilla pintajuurilla runsaasti pieniä sivuhaaroja. Kaikkia, melkeinpä hiuksen hienoja haaroja ei kaivettaessa tietenkään voitu ottaa huomioon. Käsityksen saamiseksi niiden runsaudesta kaivettiin kuitenkin eräs isohko sivujuuri yksinomaan käsin mahdollisimman varovasti. Siitä piirrettiin erikoinen kartta tavallista juurikarttaa 2 ½ kertaa suurempaan mittakaavaan. Puheena oleva juuri on suoraan kaakkoon suuntautuvan pääjuuren toinen sivujuuri

tyvestä lähtien. Sen sivujuurista on ainoastaan kaksi tyvestään 2 mm:n vahvuisia (ne on merkitty varsinaiseen juurikarttaankin), muut ovat ohuempia. Sivujuuret ovat kärkipuoleltaan usein hyvin haaroittuneet, ja näihin hienoihin latvasäikeisiin on tarttunut turvetta, jota ei juuria särkemättä voi irroittaa. — Erikoiskarttaan tuli merkityksi kaiken kaikkiaan 32 sivujuurta. Ettei siinäkään ole läheskään kaikkia huomattu ja saatu esille, selviää siitä, että laskettaessa kotona suurennuslasia apuna käyttäen kaikki pienimmätkin haarat, saatiin niitä 98. Juuren yläpinnalta sai alkunsa 14, alapinnalta 20 ja sivuilta 64.

Tyven lähellä olevan syväjuuriston laatu selviää parhaiten kuvasta 50, joka on otettu juurakosta sivulta katsoen. Mitään paalujuurta ei ole, ei edes lyhyttä tynkää. Kannon alta ja osittain syvimpien pintajuurten tyvestä lähtee sen sijaan suuri joukko ohuita juuria, jotka ensin suuntautuvat mutkitellen alaspäin, mutta kääntyvät ennen pitkää vaakasuoriksi. Näistä saattaa kuitenkin erota haaroja, jotka yhä pyrkivät syvälle päin. Jotkut pisimmistä saavuttavat 60 cm:n syvyyden. — Kauempana puun tyvestä lähtee pintajuurista paikoin runsaastikin alaspäin suuntautuvia haaroja. Ne ulottuvat yleensä muutaman kymmenen cm:n syvyyteen. — Syväjuuriston kuutiomääräksi on laskettu 0.0048 m³, josta suurin osa tulee kannon aluksen osalle. Kuutio on jonkin verran summittainen, sillä sellaisen tiheän juurirykelmän kuin kyseessä olevan tarkka mittaaminen olisi vienyt suhteettoman paljon aikaa.

Kuolleita juuren päitä on merkitty 4; kaikilla vain lyhyt kärki kuivunut.

Juuriston kokonaiskuutio on edellä esitettyjen lukujen mukaan 0.0247 m³, mikä rungon kuutiosta tekee 23.1 %.

Katkeamia ei ole paljoa siihen nähden, että maaperä oli vaikeanlaista kaivaa, ja runsaat ja sitkeät lepän juuret tekivät paljon haittaa. Merkitty on yksi 6:n ja yksi 4:n mm:n katkeama sekä joitakin vähäpätöisempiä (alle 2 mm).

Yhteenkasvettumista mainittakoon kahden vahvan pintajuuren välinen 60 cm:n päässä puun tyvestä.

K o e p u u n : o 2, kuusi, alikasvokseen kuuluva, leveäoksainen puu. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XVIII,2 Kuusi *Spruce*	34	4.40	0.50	4.8	18.8	0.00513

Latvusprojektio nähdään puukartalla (kartta n:o 15).

Juuristo on kaivettu kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin. — Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 2, 3 m j.n.e.) on mitattu 10 juurta, niistä 6 puun tyvestä tai aivan sen läheltä lähteviä. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa.

Koepuu XVIII,2. *Sample tree XVIII,2.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	1 b	2	3	5
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	50	24	17	26	20	19
	vertik. / *vertic.*		32	20	41	30	32
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		13	7	7	9	7	7
Diam. 2 m tyvestä, mm / *Diam. at 2 m from the base, mm*		3	1.5	1	3	3	1.5
Pituus, m / *Length, m*		[1]) 2.0	2.5	3.0	3.0	2.5	3.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		3.0	7.2	2.0	2.2	2.3	1.5

[1]) Juuri katkennut 2 m:n kohdalla 3 mm:n vahvuisena. — *The root broken at 2 m distance from the base, the diameter being 3 mm.*

Juurten pinnallisuus on merkille pantava. — Pintajuuriston yhteinen pituus on 67.0 m ja laajuus 29 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 2.3 m juurta. Keskisyvyys on 44 mittauksen nojalla 4.0 cm ja kuutiomäärä 0.00177 m³. Juuriston kokonaispituudesta tosin on suurin osa, 40.0 m syvyyden ja paksuuden puolesta mittaamatonta, mutta tämän osan kuutio on erittäin pieni. Sen varalta on kuitenkin kuutioluvun neljäs kymmenys korotettu 1:llä, mikä täysin varmasti riittää. Kannon alusta ei tässä tapauksessa tarvitse ottaa huomioon, sillä puu oli juurtensa varassa kohonnut sillä tavoin, että kannon pohja oli vieläpä hiukkasen maanpinnan yläpuolella. Mitään merkille pantavaa vertikaalista juuristoa ei tavattu. Näin ollen edustaa edellä mainittu kuutioluku (0.00177 m³) koko juuristoa, jonka kuutiosisältö siis rungon kuutiosta on 34.5 %.

Neljän pintajuuren kärki on kuollut, parissa tapauksessa 20—30 cm:n pituudelta, yhdessä pitemmälti. Juuren n:o 5 kärkiosa on nim. kuollutta 1.4 m:stä alkaen. Tällä kohtaa on 5 mm:n paksuinen tynkä, josta lähtee 7 ohutta juurta samaan suuntaan kuin

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Rungon oksaton osa, m / *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ / *Volume, cbm.*
XVIII,3 Mänty *Pine*	32	6.85	5.00	6.2	14.6	0.0105

pääjuurikin. Taulukossa ilmoitettu 2 m:n mittakohdan diametri koskee pisintä niistä.

Koepuu n:o 3, mänty, erittäin kitukasvuinen syrjäytetty puu, sijaitsee muutamia metrejä puukarttaan otetun alueen länsipuolella leppien ja koivujen ympäröimänä. Muita tietoja edellisen sivun lopussa olevassa taulukossa.

Latvus oli hyvin heikko, sen läpimitta sekä N—S että W—E suuntiin oli vain 1 m. Latva oli viallinen, jonka vuoksi kolme viimeistä kasvainta mitattiin eräästä sivuoksasta, joka ulottui latvaa korkeammalle.

Juuristo kaivettiin kokonaisuudessaan. Horisontaalinen juuristo kartoitettiin, vertikaalisesta antaa käsityksen kuva 51. — Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 2, 3 m j.n.e.) mitattiin 10 vaakasuoraa juurta, kaikki puun tyvestä lähteviä. Niistä esitetään tietoja seuraavassa.

Koepuu XVIII,3. *Sample tree XVIII,3.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	25	20	18	34	9	14	16	23	16	15
	vertik. / *vertic.*	45	27	25	57	12	17	23		15	19
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		11×18	11	7	12	4	5	7	7	6	5
Diam. 2 m tyvestä, mm / *Diam. at 2 m from the base, mm*		—	6	5	3	1.5	2	5	3	—	3
Pituus, m / *Length, m*		1.5	5.0	4.0	4.5	2.0	3.5	3.0	3.0	1.0	3.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		4.8	7.9	4.0	7.9	5.3	13.2	13.4	17.4	13.7	12.2

Pintajuuriston yhteinen pituus on 41.5 m ja laajuus 24 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 1.7 m juurta. Keskisyvyys on 53 mittauksen nojalla 9.8 cm ja kuutiomäärä 0.0019 m³. Säännöllisin välein mittaamatonta pintajuuristoa on 8.5 m.

Puulla on rungon jatkona alas käsin tyvestään vahva paalujuuri (vrt. kuvaa 51), joka kuitenkin kääntyi melko lailla viistoon painuen näin yhä syvemmälle ja saavuttaen 60 cm:n tason maanpinnasta lukien. Maaperä oli koepuun kohdalla, joskin yleensä samanlaista, ehkä hiukan pehmeämpää kuin ensimmäisen koepuun luona. — Eräistä pintajuurista lähti läheltä tyveä lyhyitä haarovia alaspäisiä juuria. Syväjuurten kuutiomääräksi, kannon alus mukaan luettuna, saatiin 0.0009 m³.

Edellä esitettyjen lukujen nojalla on koko juuriston kuutiosisältö 0.0028 m³, joka rungon kuutiosta tekee 26.7 %.

Mainittakoon, että viisi juurta oli päästään lahoa tai kuivunutta. Kahdessa tapauksessa on laho juuri katkennut 4 mm:n vahvuisena, yhdessä tapauksessa 6 mm:n.

Koepuut n:ot 4 ja 5, mäntyjä, hyväkasvuisia valtapuita, joiden rinnankorkeusläpimitat ovat 12.1 ja 15.5 cm ja korkeudet hypsometrimittauksen mukaan

kummankin 12.0 m. Puut sijaitsivat aivan vierekkäin 5.5 m koepuusta n:o 2 kaakkoon. Niiden pintajuurista kaivettiin esiin kolme. Selvitetyt juuret mitattiin säännöllisin välein (tyvi, 1, 3, 5 m j.n.e.). Niiden yhteinen keskisyvyys oli (18 mittausta) 6.2 cm. Juurten tyvimitat ovat pohjoisimmasta alkaen 74, 14×20 ja 114×131 mm. Pisimmän juuren mitta oli 12 m. Se pujottautui loppumatkallaan aivan koepuun n:o 2 kannon alitse. Etelään suuntautuva juuri (sen pituus oli 6 m) kulki viimeiset pari metriä suuren, n. 0.5 m korkean sammaloituneen kiven päällä. Kahden pisimmän juuren kärjet olivat kuivuneet n. 10 cm:n pituudelta. — Syväjuuria ei tutkittu eikä myös muita pintajuuria.

KOEALA XIX.

Paikka: Koeala sijaitsee Oriveden pitäjässä, Yliskylä-Säynäjoen valtionpuistossa, n. 1/2 km Kuivajärven metsänvartijatorpalta luoteeseen töyräällä, jolla on nimenä Kuivansuonnenä. Kaivuuaika: Elokuun alkupuoli v. 1925.

Metsikkö: Kaunis, vaikka jonkin verran oksainen, n. 65-vuotinen männikkö, jonka alla harvahko kuusialikasvos. Paikoin on kuusi valtapuunakin. Koivua ja harmaataleppää esiintyy sekapuuna. Puiden koko ja asema selviävät kartasta n:o 17.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmäin lopussa. Merkittävä piirre on ruoho- ja heinäkasvien runsaus.

Metsätyyppi: Käenkaali-mustikkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humuksen vahvuus on 3—5 cm; sen alla on valkomaata 2—5 cm ja sitten punertavaa hienoa hiekkaa 10—15 cm. Seuraa vaalea, saveen vivahtava, kivinen kerros, joka koepuun n:o 2 luona rajoittuu kallioon 45—55 cm:n syvyydellä. Ensimmäisen koepuun luona jatkuu mainittua kerrosta ainakin 105 cm:n syvyyteen. — Maassa on runsaanlaisesti vaihtelevan kokoisia, yleensä teräväsärmäisiä kiviä aina suurista lohkareista (läpimitaltaan jopa 75 cm) nyrkin kokoisiin ja pieniin sorakiviin. Pikkukiviä on runsaimmin alimmassa kerroksessa. Suuria kiviä ei ole niin paljoa, että kaivaessa aina tarvitsisi käyttää rautakankea. Punertava hiekka on, milloin siinä ei ole kiviä, hyvin pehmeätä. Kokonaisuutena voitaisiin maaperää nimittää verraten vähäkiviseksi ja hienoista aineista rikkaaksi moreeniksi. — Pohjoiseen päin ensimmäisestä koepuusta alkaa maa muuttua savisemmaksi. Pohjoisinten juurten päiden kohdalla on 6—7 cm:n vahvuisen humuksen alla 15 cm möyheää, saven sekaista, ruskeahkoa hiekkaa, sitten kiinteää, vaaleata savea, jossa ei ainakaan parin kymmenen cm:n syvyyteen tavattu kiviä.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XIX,1 Mänty *Pine*	64	21.40	13.30	28.8	20.1	0.7108

Koealan seutu on jotenkin tasaista, ehkä hieman pohjoiseen kallistuvaa, mutta koealan reunasta n. 5 m etelään rupeaa maa viettämään loivasti tähän suuntaan, ja parin kymmenen metrin etäisyydellä alkaa jyrkänlainen lasku. Kallio ei ole missään koealan tienoilla näkyvissä.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n: Kahden puun juuristot selvitettiin täydelleen; toinen oli mänty, toinen kuusi, edellinen varttunut tukkipuu. Juuristot kartoitettiin käyttämällä 1 m²:n suuruisia maalle merkittyjä ruutuja.

K o e p u u n:o 1, mänty, verraten leveälatvuksinen, hyväkasvuinen valtapuu. Muita tietoja edellisen sivun taulukossa.

Latvusprojektio on merkitty puukarttaan (kartta n:o 17). Latvakasvain katkesi, joten ensimmäinen vuosi pituuskasvua laskettaessa oli 1924.

Juuristo kaivettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristoa kuvaa kartta n:o 16 ja keskusympyrä, kuva 14. Lähellä tyveä olevasta syväjuuristosta antaa käsityksen kuva 52.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin 34 pintajuurta, joista 15 puun tyvestä lähteviä. Tärkeimmistä esitetään tietoja seuraavassa.

Koepuu XIX,1. *Sample tree XIX,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	2	2 a	3	4	5	6	7	8	8 a	9	12	13	14
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	157	75	168	39	100	112	41	80	127	85	34	70	68	61	89
	vertik. / *vertic.*	230	96	200	51		157	49	106	183	?	36	?	80	57	84
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*	horis. / *horiz.*	46	45	77	33	53	56	13	25	39	36	16	41	20	15	13
	vertik. / *vertic.*	61	55	86			72		30	37	40					
Diam. 5 m tyvestä, mm / *Diam. at 5 m from the base, mm*		18	30	21	7	—	13	4	—	10	25	13	25×32	4	6	3
Pituus, m / *Length, m*		9.0	14.0	10.5	7.5	3.5	6.0	6.5	1.5	8.0	14.5	10.0	12.5	7.5	6.0	5.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		4.4	6.3	5.1	5.6	26.0	7.3	7.2	12.0	18.1	13.4	6.0	11.4	33.7	32.0	23.5

Muutamien juurten suhteen tehdään selvyyden vuoksi seuraavassa huomautuksia. J u u r i n:o 3: Läpimitta 3 m tyvestä on 4 mm. J u u r i n:o 4: Kasvanut 6 m:n kohdalla kiinni vieraan männyn tyveen jatkumatta enää; juuren läpimitta yhtymäkohdalta 24 mm. J u u r i n:o 6: Kasvanut 1.5 m tyvestään kiinni vieraan männyn juureen, sen alla, 10 cm:n etäisyydellä mainitusta puusta. Juuri ei jatku. Yhtymäkohtaa esittää kuva 15. J u u r i n:o 8: Vertikaalinen tyvimitta jäänyt erehdyksestä ottamatta. J u u r i n:o 9: Vertikaalinen tyvimitta jäänyt erehdyksestä ottamatta. Läpimitat 0.5 m:n ja 3 m:n kohdalla ovat 43 × 42 ja 20 mm. Litteys ei siis yhtenäisenä ulotu 5 m:iin saakka. Huomattakoon juuren paksuneminen 3:sta 5:een metriin.

Seuraavassa esitetään eräiden juurten mittaukset kokonaisuudessaan.

Koepuu XIX,1. *Sample tree XIX,1.*

Mittakohdat *Points of measurement*		tyvi *base*	0.5 m	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	11 m	13 m
Juuri n:o 1 *The root n:o 1*	Diam., mm	157×230	66×75	46×61	29×34	18	6			
	Syvyys, cm *Depth, cm*	7	3	3	6	4	5			
Juuri n:o 1 a *The root no. 1 a*	Diam., mm	75×96	61×53	45×55	28	30	29	14	12	4
	Syvyys, cm *Depth, cm*	7	5	3	22	4	7	3	4	3
Juuri n:o 7 *The root no. 7*	Diam., mm	127×183	74	39×37	15	10	5			
	Syvyys, cm *Depth, cm*	14	17	24	27	25	10			
Juuri n:o 10 *The root no. 10*	Diam., mm	20	15	13	10	10	12	5		
	Syvyys, cm *Depth, cm*	34	7	10	17	6	8	4		
Juuri n:o 12 *The root no. 12*	Diam., mm	68×80	32	20	9	4	2			
	Syvyys, cm *Depth, cm*	57	37	45	18	24	23			

Huomattakoon, että tyvilitteys voi ulottua kolmenkin metrin päähän tyvestä (juuri n:o 1). Myös eräällä toisella juurella (juuri n:o 8) ulottuu se, joskin heikkona (40 × 43 mm), yhtä kauas.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 286.5 m ja laajuus 130 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 2.2 m juurta. Keskisyvyys on 215 mittauksen nojalla laskettu 13.5 cm:ksi ja kuutiomääräksi on saatu 0.1179 m³. — Säännöllisin välein mittaamatonta osaa on pintajuuristosta 85 m. Jos tämän osan varalta tehdään lisäys pitäen keskimääräisenä vahvuutena 4 mm, saadaan pintajuuriston kuutioksi 0.1190 m³.

Syväjuuriston tyveä lähellä olevasta osasta antaa käsityksen kuva 52. Sen merkittävimpänä osana on suoraan kannon alta lähtevä hyvin vankka paalujuuri, jonka läpimitta pintajuurten alta on 25 cm. Paalujuuri kapenee hyvin äkkiä lähetettyään sivulle päin joukon vankkoja vaakasuoria tai viistosti alaspäin suuntautuvia juuria. N. 70 cm:n syvyydellä kääntyy paalujuuri jo ohuena, mutkittelevana ja haaraisena vaakasuoraan. Sen alimmat haarat saavuttavat 83 cm:n syvyyden. Puun tyven lähellä on eräitä muitakin vankkoja syväjuuria, joko kohtisuoria tai viistoja, jotka hajoavat lukuisiin haaroihin ja saavat luutaa muistuttavan näön. Ne ulottavat alimmat

haaransa jokseenkin samalle tasolle kuin paalujuurikin. — Tyven lähellä olevien eli keskussyväjuurten kuutioksi on saatu, kannon alus mukaan luettuna, 0.0375 m³. — Mutta paitsi näitä käsittää juuristo suuren joukon muita syväjuuria, joita pintajuurten alaspäisinä haaroina on sijoittunut hajalleen sinne tänne juuriston alueelle. Näitä hajasyväjuuria on eräisiin kohtiin sijoittunut erikoisen runsaasti, kuten juurikarttakin osoittaa. Niinpä 1 m:n matkalla erkani eräästä juuresta 11 syväjuurta, joiden tyvidiametri vaihteli 5—26 mm:iin. Samanlaista tapausta esittää kuva 53. Nämä hajasyväjuuret ulottuvat yleensä ainakin 0.5 m:n syvyyteen (kaikkia ei ole seurattu), mutta eräät 20—30 cm:ä syvemmällekin. Useimmat hajasyväjuuret ovat tyvestäänkin ohuita, enimmät alle 15 mm:n. Vahvin tavattu, joka sijaitsi n. 1.5 m puun tyvestä, oli kuitenkin 39 × 50 mm läpimitaten. Merkittävää on, että syväjuuri saattaa tyvestään olla paljon paksumpi kuin pintajuuri, josta se lähtee. Niinpä kaksi hajasyväjuurta, tyviläpimitoiltaan 18 × 23 mm ja 15 × 17 mm, sai alkunsa aivan lähekkäin pintajuuresta, joka tältä kohtaa oli vain 9 mm:n vahvuinen. — On luonnollista, ettei hajasyväjuurten yhteinenkään kuutio ole suuri. Käsillä olevassa tapauksessa on siksi saatu 0.0010 m³. Koko syväjuuriston kuutiosisältö on siis 0.0385 m³.

Jos edellä mainittuun lukuun lisätään pintajuuriston vastaava erä (0.1190 m³), saadaan koko juuriston kuutioksi 0.1575 m³, mikä rungon kuutiosta tekee 22.2 %.

Kuolleita juuren kärkiä tavattiin 7:llä pintajuurella. Kolmella näistä juurista on koko latvaosa 5—6 mm:n vahvuisesta alkaen lahonnut, muilla ainoastaan ohut kärki. Myös joukko hajasyväjuuria huomattiin kärjestään lahoiksi.

Katkeamia on maan kivisyyden ja vieraiden juurien takia sattunut siten, että yli 10 mm:n vahvuinen juuri on katkennut kahdesti (12 ja 16 mm), 5—10 mm:n vahvuinen kolmesti, jonka lisäksi on pari 3 mm:n katkeamaa sekä eräitä vähäisempiä (enimmäkseen 1 mm:n). Tässä yhteydessä huomautettakoon vielä, että hajasyväjuurista on vain osa kaivettu loppuun asti.

Yhteenkasvettumista koepuun ja vieraiden puiden juurten välillä on edellä jo mainittu. Toista tapausta esittää kuva 15. Omien juurten välisiä huomattavia yhteenkasvettumia ei ole pantu merkille.

K o e p u u n:o 2, kuusi, viime aikoina vapaassa tilassa kehittynyt, hyväkasvuinen puu. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XIX,2 Kuusi *Spruce*	46	8.15	n. 1.5	10.0	36.5	0.0809

Latvusprojektio on merkitty puukarttaan (kartta n:o 17). — Viimeiset 25 vuotta on puu kehittänyt leveitä lustoja.

Juuristo kaivettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristosta antaa käsityksen kartta n:o 16 ja syväjuuristosta kuva 16. — Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin 14 horisontaalista juurta, joista 11 tyvestä lähteviä. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu XIX,2. *Sample tree XIX,2.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	52	53	33	78	25	22	44	23	25	28
	vertik. / *vertic.*	66	77	43	113	61	32	46	35	30	16
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		31	25	9	21×23	8	7	12	8	5	3
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		3	7	2	10	—	3	7	5	2	—
Pituus, m / *Length, m*		4.5	3.0	3.0	7.0	2.0	3.5	6.0	6.0	3.5	1.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		8.0	2.8	4.0	2.8	6.0	3.5	9.8	4.2	11.0	14.3

Pintajuuriston yhteinen pituus on 117.5 m ja laajuus 64 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 1.8 m juurta. Keskisyvyys on 64 mittauksen mukaan 5.8 cm, kuutiomääräksi on saatu 0.0102 m³. Säännöllisesti mittaamatonta osaa on n. puolet koko pintajuuriston pituudesta eli 66 m. Vaikkakin tämä on juuriston ohuinta osaa, nostaa se hieman kuutiota. Jos sen varalta tehdään lisäys pitäen keskimääräisenä läpimittana 3 mm, saadaan tulokseksi 0.0107 m³.

Syväjuuriston merkittävin osa on rungon jatkona suoraan alaspäin tunkeutuva paalujuuri, jonka muoto selviää kuvasta 16. Puun kohdalla on kallio 55 cm:n syvyydellä. Tässä kääntyy paalujuuri vaakasuoraksi jatkuen kallion pintaa myöten toista metriä. Myös eräitä muita, heikkoja syväjuuria esiintyy tyven lähellä. Nekin jatkavat kasvuaan pitkin kalliota muutamia kymmeniä senttimetrejä. Näitä kalliota myöten kulkevia syväjuurten osia ei ole luettu pintajuuristoon eikä otettu huomioon sen keskisyvyyttä laskettaessa, koskapa oli aivan sattuma, että kallio oli näin lähellä pintaa. Jos kuitenkin nämäkin juurten osat otettaisiin vaakasuorina huomioon, olisi pintajuuriston pituussummaan lisättävä 2.5 m ja keskisyvyydeksi saataisiin 7.9 cm. — Hajasyväjuuria tavattiin pari kappaletta. Toista seurattiin 50 cm:n syvyyteen. — Syväjuuriston kuutioksi, kannon alus mukaan luettuna, saadaan 0.0038 m³. Kun edellä esitettyyn lukuun lisätään ennen mainittu pintajuuriston kuutio, saadaan summaksi 0.0145 m³, joka siis ilmoittaa koko juuriston kuutiosisällön. Rungon kuutiosta on se 47.0 %.

Kahdella pintajuurella huomattiin kuollut kärki; toisen oli 5 mm:n vahvuisesta alkaen niin laho, että sitä voitiin seurata vain 10 cm mainitusta kohdasta eteenpäin.

Katkeamia on merkitty 4, vahvuudeltaan 2—6 mm.

KOEALA XX.

P a i k k a: Koeala sijaitsee Oriveden pitäjässä, Yliskylä-Säynäjoen valtionpuistossa, Hirvikankaan talosta n. 1 km itään päin kankaalla, jota mainitaan Nevasuon maaksi. K a i v u u a i k a: Elokuun loppupuoli v. 1925.

M e t s i k k ö: Verraten tasainen, harvahko, matala, hidaskasvuinen, n. 60-vuotinen männikkö, seassa vähän koivua sekä joitakin haapoja ja alikasvoskuusia. Puiden aseman ja suuruuden koealalla osoittaa kartta n:o 19.

K a s v i p e i t e: Viitataan taulukkoon sivuilla 198–201 koealaselitelmäin lopussa. Valtakasveina ovat varvut; sammalpeite on miltei yhtenäinen. Ruohoja ja heiniä on hyvin niukasti.

M e t s ä t y y p p i: Kanervatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o: Humus 2 cm; valkomaa 1—10 cm; ruskea, kivinen moreeni 20—40 cm; vaaleampi samanlainen moreeni; kallio vaihtelevan syvällä, paikoin n. metrin vahvuisen maakerroksen peittämä, siellä täällä vain ohuen sammalen. Moreeni on yleensä runsaskivistä, mutta kivet ovat enimmäkseen pienenlaisia vaihdellen pienistä sorakivistä (läpim. 0.5—3 cm) nyrkin ja parin kokoisiin (läpim. 10—15 cm). On kuitenkin joukossa isojakin, kangella väännettäviä kiviä (läpim. 50 cm) sekä yksityisiä suurempiakin paasia.

Koeala sijaitsee laajalla kangasmaalla, jonka yhtenäisyyttä pienet korpinotkelmat rikkovat. Kangas on kauttaaltaan jossain määrin kallioista, niin että siellä täällä sammalen peittämä vuoriperä on näkyvissä. Silti ei varsinaisen kalliokankaan karua luonnetta ole havaittavissa. — Koealan paikalla viettää maa heikosti kaakkoon. Sen eteläreunasta 5—10 m:n etäisyydellä alkaa jyrkkä rinne (lasku n. 2 m), jonka alla maa muuttuu rehevämmäksi (MT). Kallio on kaivettujen juuristojen piirissä kolmessa kohti näkyvissä. Paikat on merkitty juurikarttaan n:o 18 (harvempi pisteviiva tarkoittaa kalliota, tiheämpi suuria kiven lohkareita).

J u u r i s t o j e n s e l v i t t e l y: Tarkalleen on selvitetty neljän puun juuristot, kahden männyn, yhden koivun ja yhden kuusen. Lisäksi on osittain kaivettu esiin yhden männyn pintajuuristo sekä tehty havaintoja erään haavan syväjuurten suhteen. — Juuristoja kartoitettaessa käytettiin 1 m²:n suuruisia ruutuja.

K o e p u u n:o 1, mänty, suippolatvuksinen, hyväkasvuinen valtapuu. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XX,1 Mänty *Pine*	61	13.85	7.20	15.4	25.6	0.1318

Latvusprojektio nähdään puukartalla (kartta n:o 19).

Juuristo kaivettiin esiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristosta antaa käsityksen kartta n:o 18, jolla ovat kuvattuina muidenkin koealalla tutkittujen puiden juuristot. Keskusympyrä, kuva 17 ja juurakosta otettu valokuva, kuva 54 ovat omiaan edelleen selventämään juuristosta saatua käsitystä.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5, m j.n.e.) mitattiin 40 pintajuurta, joista 27 tyvestä tai aivan sen läheltä lähteviä. Seuraavassa esitetään tietoja tärkeimmistä.

Koepuu XX,1. *Sample tree XX,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	3.	4	4 a	5	6	6 a	13	14	15	16	17	18	20	21
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	65	48	44	33	35	51	42	33	17	26	36	28	30	29	23
	vertik. / *vertic.*	115	65	62	47	68	85	58	61	52	37	50	18	28	30	
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		31× 32	14	6	18	5	13	14	3	5	4	7	8	1.5	6	4
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		22	5	—	5	—	3	12	—	2	1.5	3	1.5	—	2	—
Pituus, m / *Length, m*		11.5	3.5	2.5	6.0	2.5	3.5	9.5	1.5	4.5	3.5	4.5	4.0	1.5	5.0	2.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		4.0	6.8	12.4	4.0	5.3	11.5	3.6	12.8	12.2	8.2	11.7	16.6	21.8	9.7	14.6

Eräiden juurten mittaukset kokonaisuudessaan nähdään seuraavasta taulukosta.

Koepuu XX,1. *Sample tree XX,1.*

Mittakohdat / *Points of measurement*		tyvi / *base*	0.5 m	1 m	3m	5m	7m	9m	11 m
Juuri n:o 1 / *The root no. 1*	Diam., mm	65×115	45×50	31×32	22	11	10	4	1.5
	Syvyys, cm / *Depth, cm*	—	10	6	3	6	2	3	2
Juuri n:o 6 a / *The root no. 6 a*	Diam., mm	42×58	19	14	12	9	8	1.5	
	Syvyys, cm / *Depth, cm*	6	5	3	2	4	2	3	
Juuri n:o 22 / *The root no. 22*	Diam., mm	16	7	5	3				
	Syvyys, cm / *Depth, cm*	21	14	3	2				

Juuret ovat verraten lyhyitä, paitsi kaakkoon suuntautuvat. Tiheyden vuoksi on osa pintajuuristoa (tyvestään muita syvemmällä oleva) täytynyt kartalla piirtää erikseen. Keskusympyrässä on kuitenkin saatu kaikki juuret näkyviin. — Juuret voivat tyvestään olla hyvinkin litteitä, mutta 0.5 m:n mittakohdalta enää vain poikkeustapauksessa. — Pintajuuriston yhteinen pituus on 223.0 m ja laajuus 83 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 2.7 juurta. Keskisyvyys on nojautuen 181 mittaukseen laskettu 8.8 cm:ksi. Kuutiomääräksi on saatu 0.0206 m³. Säännöllisin välein mittaamatta on koko pituudesta runsas kolmannes, 84.5 m. Ohuutensa vuoksi on tämän osan merkitys kuutiomäärään nähden varsin pieni. Jos kuitenkin sen varalta tehdään lisäys pitäen keskimääräisenä läpimittana 3 mm, saadaan pintajuuriston kuutioksi 0.0212 m³.

Syväjuurista puhuen on ensin mainittava suoraan kannon alta lähtevä, aluksi hyvin vahva paalujuuri (vrt. kuvaa 54), joka lähes 0.5 m:n syvyydellä kallioseinämän vaikutuksesta kääntyy vaakasuoraksi. Läheltä kääntymiskohtaa lähtee kuitenkin vahvanlainen haara suoraan alaspäin ulottuen 87 cm:n syvyyteen. Eräitä muitakin vertikaalisia juuria saa alkunsa tyven tienoilta (vahvin 60 cm:n etäisyydellä rungosta). — Hajasyväjuuriakin tavataan siellä täällä. Juurikarttaan on niitä merkitty 10. Ne eivät yleensä ulotu syvemmälle kuin puoli metriä. — Syväjuuriston kuutiomääräksi, kannon alus mukaan luettuna on saatu 0.0108 m³.

Kun juuri mainittuun syväjuuriston kuutioon lisätään aikaisemmin esitetty pintajuuriston vastaava luku (0.0212 m³), saadaan 0.0320 m³, joka siis on koko maanalaisen osan kuutiosisältö. Rungon kuutiosta on se 24.3 %.

Juuristo näyttää olevan hyvässä kasvukunnossa, sillä kuolleita juuren päitä tavattiin vain neljällä juurella; niiltäkin oli vain äärimmäisin kärki kuollut.

Koepuun pohjoispuolella esiin pistävä kallio näyttää estäneen juurten kasvamisen sille suunnalle. Se siis osittain on syynä juuriston epäsymmetrisyyteen. Myös puun pohjoispuolella oleva iso, maan peittämä kivi sekä syvemmällä oleva kallion seinämä ovat kääntäneet useita juuria pohjoisesta suunnastaan. — Milloin juuri on kasvaessaan painunut kiven kylkeen, on useinkin seurauksena omituisen myhkyrän muodostuminen. Tällainen myhkyrä saattaa kehittyä niin isoksi, että se, ollen päältä tasainen, näyttää poikki sahatun juuren tyngältä. Kuvassa 54 näkyy isoimmalla vaakasuoralla juurella parikin puheena olevia muodostumia.

Yhteenkasvettumia (omien juurten keskisiä) esiintyy runsaasti lähellä puun tyveä. Osa selviää keskusympyrästä (kuva 17), erään tyypillisen tapauksen näyttää kuva 18.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XX.2 Mänty *Pine*	57	8.15	6.00	7.6	2.3	0.0213

Katkeamia on sattunut verraten paljon, mikä on selitettävissä juurten tavattomaan tiheyteen katsoen. Diametrin ollessa 6—8 mm on katkennut 3, 3—5 6 ja 1.5—2.5 5 juurta.

Koepuu n:o 2, mänty, pienilatvuksinen, äärimmäisen kituva, naavoittunut ja jäkälöitynyt puu. Muita tietoja edellisen sivun taulukossa.

Latvusprojektio nähdään puukartalla (kartta n:o 19).

Juuristo on kaivettu kokonaisuudessaan. Pintajuuristo on kuvattuna kartalla n:o 18, samalla kuin muidenkin tämän tutkimusalan koepuiden. Juurakosta tehtiin kaksikin piirrosta, joista toista esittää kuva 19.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin 15 vaakasuoraa juurta, joista 9 puun tyvestä lähteviä. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa.

Koepuu XX,2. *Sample tree XX,2.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	2	3	5	6	6 a	7	8	9
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	42	15	19	12	12	36	7	25	30	31
	vertik. / *vertic.*	62		20	8		47		28	24	37
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		13	·	8	4	5	9	6	8	3	6
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		8	7	7	3	4	4	6	6	1	4
Pituus, m / *Length, m*		5.5	5.0	4.0	1.5	4.0	1.5	5.5	2.0	1.0	1.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		4.3	3.8	5.2	7.5	9.0	20.8	10.5	27.3	53.7	50.3

Pintajuurten yhteinen pituus on 64.0 m ja laajuus 30 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 2.1 m juurta. Keskisyvyys on 63 mittauksen perusteella laskettu 11.7 cm:ksi. Jos jätetään pois luvusta juuret n:ot 8 ja 9, jotka ovat paalujuuren alimpia haaroja, tulee keskisyvyydeksi 9.1 cm. Kuutiomääräksi on saatu 0.0025 m³. Paksuuden ja syvyyden puolesta mittaamatonta on kokonaispituudesta runsas kolmannes eli 22.5 m. Kuutiomäärään ei tämä osa vaikuta, sillä huomioon on otettu vieläpä tyveltään 0.5 cm:ä ohuempia juuria.

Syväjuuriston tärkeimpänä osana on suoraan rungon jatkoksi alaspäin suuntautuva paalujuuri, jonka muoto selviää kuvasta 19. N. 35 cm:n syvyydellä kääntyy juuri viistoon. Jonkin matkan päässä haarautuu se kahteen osaan, jotka jatkavat kasvuaan vaakasuoraan suuntaan. Alempi mainituista haaroista saavuttaa 64 cm:n syvyyden. — Puulla on myös joukko hajasyväjuuria. Karttaan on niitä merkitty 7. Erästä seurattiin 30 cm:n syvyyteen. Juuren vahvuus tällä kohtaa oli 2 mm, joten voi päätellä sen jatkuvan vielä ainakin parikymmentä cm. — Syväjuuriston kuutiomääräksi, kannon alus huomioon otettuna, on saatu 0.0029 m³.

Lisäämällä juuri mainittuun lukuun edellä esitetty pintajuuriston kuutio (0.0025 m³) päästään koko juuriston kuutiosisältöön, joka on 0.0054 m³. Rungon kuutiosta tekee tämä 25.4 %.

Kuolleita juuren päitä tavattiin kuusi, mikä ei ole ihmeteltävää puun kituvaan tilaan katsoen. Pitkälti eivät kuitenkaan mitkään juuret olleet kuivia; vain yksi oli 4 mm:n vahvuisesta laho, muut olivat vain kärjistään kuolleita.

Eräs mielenkiintoinen yhteenkasvettumistapaus ansaitsee huomiota. Muuan verraten syvällä (n. 25 cm) kulkeva vaakasuora koepuun juuri on lujasti yhtynyt sen tiellä olleen pienen männyn paalujuureen ja jatkaa jälleen kasvuaan. Mainittu pikku mänty on katkaistu ainakin vuotta ennen puheena olevaa juuriston selvittelyä, mutta sen juuristo oli yhä elossa, samoin puun tyvi 10 cm:n korkeuteen maanpinnasta. Juuri oli kasvettumiskohdassaan n. 5 mm:n vahvuinen; paalujuuri, johon se yhtyi, hiukan paksumpi.

Katkeamia on merkitty kolme, vahvuudeltaan 1.5—3.5 mm.

Koepuu n:o 3, mänty, kasvuisan näköinen, vaikka jonkin verran harvalatvuksinen valtapuu. Rinnankorkeusläpimitta oli 18 cm ja korkeus hypsometrimittauksen mukaan 12 m. Latvusprojektio näkyy puukartalla (kartta n:o 19).

Vain kaksi pääpintajuurta kaikkine haaroineen kaivettiin esiin ja kartoitettiin. Ne näkyvät koealan juurikartalla (kartta n:o 18).

Säännöllisin välein mitattiin 9 juurta; niistä, kuten mainittu, 2 tyvestä lähtevää. Seuraavassa tietoja tärkeimmistä.

Koepuu XX,3. *Sample tree XX,3.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	2	2 a	2 b
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	86	12	89	15	10
	vertik. / *vertic.*	167		147	25	
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		37	9	27	8	8
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		9	—	10	5	—
Pituus, m / *Length, m*		6.5	2.5	7.5	5.0	2.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		6.3	5.8	6.9	3.5	17.8

Esiin kaivetun juuriston osan kokonaispituus on 55 m ja sen keskisyvyys 39 mittauksen nojalla 6.4 cm.

Juuren päistä on kolme kuollutta, vieläpä yksi niistä on laho aina 5 mm:n vahvuisesta alkaen. — Huomattavia katkeamia ei ole sattunut.

Koepuu n:o 4, koivu *(Betula verrucosa)*, valtapuu, jossain määrin kituvan näköinen. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XX,4 Koivu *Birch*	60	12.30	8.30	10.5	0.0528

Latvusprojektio on merkitty puukartalle (kartta n:o 19).

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo nähdään koealan juurikartalla (kartta n:o 18). Keskusjuuristosta otettiin ylhäältä päin valokuva.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) on mitattu 26 horisontaalista juurta, joista pääjuuria 16. Seuraavassa esitetään tietoja tärkeimmistä.

Koepuu XX,4. *Sample tree XX,4.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	2	6	7	7 a	8	10	10 a	10 b	11	12	13	14	15
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	49	26	39	29	50	22	17	53	30	9	17	39	33	30	30
	vertik. *vertic.*	94	26	90	60	101	44	22	48			24	94		22	22
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		19	13	15	9	11	9	10	20	15	9	12	20	20	8	10
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		13	11	4	5	8	—	4	13	11	9	—	14	16	6	10
Pituus, m *Length, m*		9.5	3.5	3.0	3.0	8.0	2.5	5.0	10.0	12.0	6.5	2.5	7.5	6.0	4.5	6.5
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		23.0	8.8	18.8	7.3	13.1	18.0	5.0	15.4	22.2	23.0	31.0	17.7	23.0	23.4	34.2

Seuraavan sivun alussa olevassa taulukossa nähdään eräiden juurten mittaukset kokonaisuudessaan.

Vaikka useimmat juuret tyvestään ovat litteitä, ei tätä ominaisuutta enää 0.5 m:n etäisyydellä puun tyvestä ole huomattu yhdelläkään juurella. — Monet juuret ovat sangen pitkiä ja vielä 3 m:n mittakohdaltakin jokseenkin vahvoja. Huomattakoon vielä, että keskisyvyydet ovat yleensä melkoisia. Huomiota ovat edelleen omansa herättämään eräiden juurten tekemät omituiset mutkat, kaaret ja silmukat.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 2 1 6 . 5 m ja laajuus 7 6 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 2.8 m juurta. Keskisyvyydeksi on 133 mittauksen nojalla saatu 1 7 . 9 cm. Kuutiomäärä on 0.0154 m³. Säännöllisin välein mittaamatonta osaa juurten pituussummasta on 86.5 m. Tämän osan vaikutus kuutioon on pieni. Jos sen varalta

Koepuu XX,4. *Sample tree XX,4.*

Mittakohdat *Points of measurement*		tyvi *base*	0.5 m	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	11 m
Juuri n:o 1 *The root no. 1*	Diam., mm	49×94	24	19	13	11	6	6	
	Syvyys, cm *Depth, cm*	3	31	24	10	16	30	35	
Juuri n:o 7 *The root no. 7*	Diam., mm	50×101	17	11	8	7	4		
	Syvyys, cm *Depth, cm*	—	23	25	24	8	10		
Juuri n:o 10 a *The root no. 10 a*	Diam., mm	30	15	15	11	7	7	4	3
	Syvyys, cm *Depth, cm*	26	38	34	20	20	5	24	11

kuitenkin tehdään lisäys pitäen keskimääräisenä läpimittana 3 mm, saadaan pintajuuriston kuutioksi 0.0160 m³.

Syväjuuristosta voidaan tuskin puhua, sillä kallio oli rungon kohdalla 43 cm:n syvyydellä, joten nekin harvat juuret, jotka aluksi suuntautuvat suoraan tai viistosti alaspäin, kääntyvät vaakasuoriksi. Eräs juuri saavuttaa näin 0.5 m:n mittakohdalla tyvestä lukien 58 cm:n syvyyden, jonka jälkeen se alkaa vähitellen nousta. Minkäänlaista paalujuurta tai edes sen aihetta ei ollut havaittavissa. Hajasyväjuuriakaan ei tavattu. Ainoastaan kannon aluksen kuutio (0.0012 m³) on näin ollen lisättävä pintajuuriston vastaavaan lukuun, jotta saataisiin koko maanalaisen osan kuutiomäärä. Tuloksena on 0.0172 m³, mikä runkoon verrattuna on 32.6 %.

Kuolleita juuren päitä on verraten runsaasti; kymmenkunta on pantu merkille. Yksi näistä juurista oli 9 mm:n vahvuisesta alkaen laho, muut vasta parin kolmen mm:n vahvuisista.

Kahdessa tapauksessa on juurten havaittu kulkevan vanhojen, lahojen juurten sisässä. Kysymyksessä olevat juuret ovat läpimitaltaan 4—10 mm. Toisessa tapauksessa kulki juuri 30 cm, toisessa puoli metriä lahoa juurta myöten, joka kummallakin kertaa oli koivun juuri.

Yhteenkasvettumia tavataan runsaasti, kaikki omien juurten välisiä. Useimmat ovat lähellä puun tyveä, mutta eräs kahden toisiaan sivuavan juuren välinen on yli metrin etäisyydellä puusta. Kaikkiaan on merkitty seitsemän tapausta, joista kuva 20 esittää kahta.

Katkeamia on sattunut useita; kuitenkin on 5 mm:n paksuinen tai sitä vahvempi juuri katkennut vain kolmesti. Vahvin oli läpimitaltaan 9 mm. Pienempiä, 1.5—4 mm:n katkeamia on merkitty kahdeksan. Syynä siihen, että näinkin monen juuren kaivuu on keskeytynyt, on useinkin se seikka, että juuret kulkivat syvällä, jolloin niiden seuraaminen aina on hankalampaa. Juuren mennessä tällöin toisen puun juurakon alle oli sen selvittäminen loppuun saakka vaikeaa.

Koepuu n:o 5, kuusi, alikasvokseen kuuluva kituvakasvuinen yksilö, väri kalpea, alaoksat jäkäläisiä ja naavaisia. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XX,5 Kuusi *Spruce*	65	3.68	0.47	4.2	10.2	0.00398

Puu on kasvanut ensimmäiset 35 vuottaan perin kituvasti. Tyven läpimitta (kuoretta) on mainitulla iällä ollut vain 1.3 cm. Latvusprojektiota ei voitu piirtää, koska apurimiehet olivat ehtineet karsia puun voidakseen mukavammin työskennellä.

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo on kuvattuna samalle kartalle kuin muidenkin koealan koepuiden (kartta n:o 18). — Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin 12 juurta, joista 9 tyvestä lähtevää. Seuraavassa tietoja tärkeimmistä.

Koepuu XX,5. *Sample tree XX,5.*

Juuren mitat / *Measurements of root*		Juuren n:o / *No. of root*: 1	1 a	2	3	4	6
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	46	11	18	22	17	17
	vertik. *vertic.*	47		19	38	15	
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		19	(1 m) 12	6	9	7	2
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		12	10	—	3	3	—
Pituus, m *Length, m*		9.5	7.0	1.5	5.0	5.0	0.8
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		2.0	5.2	5.8	2.0	2.4	11.3

Pintajuuriston yhteinen pituus on 76.0 m ja laajuus 42 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 1.8 m juurta. Huomattakoon juuriston epäsymmetrisyys. Vallitsevana pituuteen nähden on juuri n:o 1, jonka mitta sivujuurineen on 41 m, siis yli puolet koko pintajuuriston pituudesta. Sama juuri kulkee, kuten kartastakin selviää, suuren maakiven

(yli 0.5 m korkean) yli. Kivi oli tuuhean seinäsammalen peitossa, ja eräät haarat kulkivat sen alla, mutta pääjuuri oli joutunut kivelle seuratessaan sen yli kaatunutta lahoa puunrunkoa. Eräs toinen juuri taas kulkee sammalkerroksen alla kallion pintaa myöten, jota peittää aivan ohut, vaaleaksi huuhtoutunut hiekkakerros. — Pintajuuriston keskisyvyydeksi on 46 mittauksen nojalla saatu 4.3 cm. Mitattujen juurten kuutiomäärä 0.00245 m³. Säännöllisin välein mittaamatta on juuristosta 36 m, siis lähes puolet koko pituudesta. Jos tämän osan varalta tehdään lisäys pitäen keskimääräisenä läpimittana 3 mm, saadaan pintajuuriston kuutioksi 0.00270 m³.

Puheena olevalla koepuulla oli lyhyt, jyrkkää kallion seinämää alaspäin kasvava paalujuuri, joka ulottui 23 cm:n syvyyteen, kääntyen tällöin vaakasuoraksi. Muita vertikaalisia juuria ei tavattu. Kannon aluksen ja paalujuuren yhteinen kuutio on 0.00013 m³. Kun tämä lisätään pintajuuriston vastaavaan lukuun, saadaan 0.00283 m³, joka siis ilmaisee koko maanalaisen osan kuutiosisällön ja rungon kuutioon verrattuna on 71.1 %.

Kuolleita juuren päitä tavattiin kolme, näistä yksi oli 3 mm:n vahvuisesta alkaen kuiva ja osittain laho.

Joitakin katkeamia on merkitty. Huomattavin niistä oli 4 mm:n, muut 2 mm:n tai pienempiä.

Koepuu n:o 6, haapa, läpimitta tyvestä 8.8 × 10.0 cm ja 75 cm:n korkeudelta 7.0 × 7.4 cm. Vain keskusjuuristosta tehtiin havaintoja. Juurakko valokuvattiin. Todettiin, että puulla oli selvä paalujuuri. Vahvimpien horisontaalisten juurten läpimitat ja syvyydet olivat seuraavat.

Koepuu XX,6. *Sample tree XX,6 (aspen).*

Juuren mitat / *Measurements of root*		Juuren n:o / *No. of root* 1	2	3	4
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	32	47	35	22
	vertik. / *vertic.*	55	59	33	25
Syvyys tyven kohdalta, cm / *Depth at the base, cm*		3	8	27	28

Paalujuuri, joka lähinnä pintaa olevan vaakasuoran juuren alta oli läpimitaltaan 56 × 81 mm, ulottui ainakin 70 cm:n syvyyteen. Katketessaan mainitulla syvyydellä oli juuren läpimitta vielä useita millimetrejä.

KOEALA XXI.

Paikka: Koeala sijaitsee Oriveden pitäjässä, Hirvikankaan tilan maalla, n. 1/2 km talosta itään päin, pienen suorantaisen Pesäjärven rannalla. Kaivuuaika: Elo- ja syyskuun vaihde v. 1925.

Metsikkö: Harva, mutta hyväkasvuinen, leveäoksainen, n. 30-vuotinen männikkö, jonka pituus vaihtelee 6.5—9.0 m:iin. Sen alla on erittäin tiheä nuori koivikko,

jonka pisimmät yksilöt ulottuvat lyhyimpien mäntyjen tasalle. Laaditun puukartan piirissä, joka käsitti 132 m², oli 187 koivua, melkein kaikki rinnantasalta 0—5 cm:n vahvuisia. Mäntyjä oli vain 23, joista yli 10 cm:n vahvuisia 7. Rinnankorkeuden saavuttaneita kuusia oli vain 3.

Kasvipeite: Viitataan sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa olevaan taulukkoon. Leiman antavana mainittakoon runsaan sammaliston (valko-, karhun- ja seinäsammalia) ohella kohtalaisen rikas varvusto ja ruohokasvillisuus.

Metsätyyppi: Mustikkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Maaperä on tummaa, hyvin lahonnutta turvetta, viljelystarkoituksiin sopivaa. Maa on tasaista, järven pintaa n. ½ m ylempänä. Pohjaveden syvyys vaihtelee 40—50 cm:iin. Siihen nähden, että Pesäjärven rannoilla monin paikoin on tavallista rämettä, näyttää siltä, että koealan seutu ympäristöineen olisi kuivunut ja muuttunut rämeestä rämekankaaksi. Tähän viittaa pohjaveden suhteellisen alhainen taso sekä puiden erinomainen kasvu. Aivan lähellä koealaa, sen länsipuolella on järven laskuoja. Vaikkakaan talon asukkaat eivät tienneet ojan perkaamista tai avaamista viime aikoina tapahtuneen, on mahdollista, että tuollainen perkaaminen muutamia vuosikymmeniä sitten on suoritettu. Mainittakoon, että mäntyjen kasvu on alusta alkaen ollut hyvä, joten siis kuivumisesta on ainakin 30 vuotta.

Juuristojen selvittäminen: Kahden männyn juuristo on tutkittu kokonaisuudessaan. Kartoitusruutuna oli 1 m².

Koepuu n:o 1, mänty, erittäin reheväkasvuinen, leveälatvuksinen ja vahvaoksainen valtapuu. Lähin naapurimänty on 1.35 m:n etäisyydellä etelässä päin. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXI,1 Mänty *Pine*	30	8.70	3.50	13.7	41.2	0.0651

Latvuksen ulottuvaisuudet eri suuntiin ovat seuraavat: pohjoiseen 3.2 m, etelään n. 2.7 m, länteen 3.0 m ja itään 3.0 m.

Juuristo on selvitetty kokonaisuudessaan. Pintajuuristoa esittää kartta n:o 20. Se laadittiin alkujaan mittakaavaan 1: 20. Suuresta mittakaavasta johtuen voitiin juurten vahvuuskin osittain saada näkyviin. Näin on 1 cm:ä vahvempi juuri piirretty kahdella viivalla. Säännöllisin välimatkoin (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 m j.n.e.) on mitattu 24 juurta, kaikki puun tyvestä tai sen läheltä lähteviä. Mittaukset kohdistuivat etupäässä vahvuuteen, koska turvetta oli poistettava niin laajalti, että säännöllinen syvyyden mittaaminen ilman erikoismenetelmiä ei käynyt päinsä (vrt. selostusta kaivuu-

menetelmistä, ss. 54 ja 60). Juurten tyven kohdalta on kuitenkin syvyys merkitty. Seuraavassa esitetään tietoja tärkeimpien pintajuurten mitoista.

Koepuu XXI,1. *Sample tree XXI,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	8	9	10	11	12	13	15	17	19	20	21	23	24
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	43	54	65	24	40	33	50	67	35	33	48	31	36	30	29	25	40
	vertik. / *vertic.*	46	89	89	40		31	55	84		38	56	36	49	50	27	35	
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		20×23	26×29	29	11	15	24	15	29	14	15	24	10	15	20	5	17	15
Diam. 2.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 2.5 m from the base, mm*		—	1	3	3	3	6	—	4	2	4	—	—	1	5	—	1	2.5
Pituus, m / *Length, m*		2.0	2.5	3.5	2.5	5.0	4.5	2.5	4.0	2.5	4.5	1.5	1.5	2.5	4.0	2.0	2.5	3.5
Syvyys tyven kohdalta, cm / *Depth at the base, cm*		12	10	11	15	13	12	13	11	10	10	17	13	8	10	10	20	15

Huomataan, että juuret ovat tyvestään melko vahvoja, mutta kapenevat pian eivätkä saavuta sanottavaa pituutta. Mainittakoon, että kartallakin näkyvät omituiset laajenemat puun tyvellä on mitattu erikseen, niistä kun oli vaikea sanoa mihin juureen ne olisi ollut luettava.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 251 m ja laajuus 49 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 5.1 m juurta, mikä on paljon suurempi kuin vastaava luku yhdelläkään muulla koealalla. Juuriston tavaton tiheys pistääkin heti silmään karttaa katsellessa. Mitatun pintajuuriston osan kuutiomääräksi on saatu 0.0183 m³. Kun mitattu osa kuitenkin on vain 63.5 m, siis n. 1/4 koko juuriston pituudesta, ei mainitun luvun voi sanoa sellaisenaan edustavan pintajuuriston kuutiota, vaikka siihen sisältyvätkin kaikki suurimmat juuret. Olettamalla mittaamattoman osan keskivahvuudeksi 5 mm (mikä ehdottomasti riittää, kun ottaa huomioon, että enimmät juuret ovat ohuita säikeitä, eikä mikään tyvestään yli 20 mm:n), saadaan sen kuutiomääräksi 0.0038 m³. Jos tämä luku lisätään laskettuun kuutioon, saadaan tulokseksi 0.0221 m³. Kahden desimaalin avulla lausuttuna ei luku siis ole muuttunut. — Juurten syvyyksistä ei, kuten mainittua, ole tehty tavanmukaisia säännöllisiä mittauksia. Ottamalla keskiarvo tyvien syvyyksistä, saadaan tulokseksi juurten pituuksilla punniten 12.1 cm, mikä hyvin soveltuu siihen käsitykseen juurten yleisestä tasosta, joka kaivettaessa saatiin.

Syväjuuristo on heikosti kehittynyt. Kuitenkin on pari juurta, jotka ainakin aluksi kasvoivat kohtisuoraan alaspäin. Toinen näistä, tyveltään 30 mm, lähtee eräästä pintajuuresta lähes puolen m:n etäisyydellä rungosta. Ensimmäiset 15 cm kulkee se aivan vertikaalisena, jatkaa sitten viistoon kääntyen ja yhä loiventuen kulkuaan ja saavuttaa 55 cm:n syvyyden. Se ulottuu siis jonkin verran mittauksen aikaisen pohjaveden tason alapuolelle. Toinen vähäpätöisempi syväjuuri saa alkunsa suoraan rungon

alta. Se haaraantuu pian, ja ainoastaan eräät haarat saavuttavat saman syvyyden kuin äsken mainittu juuri. — Kannon aluksen ja syväjuurten yhteiseksi kuutioksi on saatu 0.0031 m³.

Jos edellä mainittuun lukuun lisätään aikaisemmin esitetty pintajuuriston korjattu kuutio (0.0221 m³), saadaan summaksi 0.0252 m³, joka siis edustaa koko maanalaisen osan kuutiota. Rungon tilavuuteen verrattuna on se 38.7 %.

Kuolleita juuren päitä pantiin merkille vain kolmella juurella. Niidenkin kärjestä oli vain kymmenkunta senttimetriä lahoa.

Katkeamia on sattunut useita, kuitenkin enimmäkseen vähäpätöisiä. Vahvin merkitty on 4 mm:n.

Koepuu n:o 2, mänty, läheisten naapurimäntyjen (toinen 1 m koepuusta suuntaan WSW, toinen suuntaan SSE) jossain määrin ahdistama, kuitenkin kasvuisa yksilö. Tietoja seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXI,2 Mänty *Pine*	23	6.59	5.8	37.1	0.0110

Oksiston leveys eri suuntiin on seuraava: pohjoiseen 0.90 m, etelään 0.80 m, länteen 0.40 m ja itään 0.90 m.

Koepuu XXI,2. *Sample tree XXI,2.*

Juuren mitat *Measurements of root* \ Juuren n:o *No. of root*		1	1 a	2	3	3 a	4
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	44	25	16	85	25	33
	vertik. *vertic.*	57	26		90	50	44
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		15	4	3	20	11	—
Diam. 1.5 m tyvestä, mm *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		5	2	—	6	4	—
Pituus, m *Length, m*		2.5	2.0	1.0	4.0	2.5	0.5
Syvyys tyven kohdalta, cm *Depth at the base, cm*		4	6	3	4	7	14

Juuristo tutkittiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin samoin kuin edellisenkin koepuun. Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) on mitattu 6 juurta, niistä tyvestä lähteviä 4. Syvyys mitattiin vain juuren tyven kohdalta. Edellisellä sivulla, toisessa taulukossa tietoja mittaustuloksista.

Juuristo on melkoisen tiheä, ei kuitenkaan verrattavissa edelliseen. Sen yksipuolisuus on silmiin pistävä. Kokonaispituus on 34 m, laajuus taas 12 m², joten siis yhtä m²:ä kohti tulee 2.8 m juurta. Mitatun osan kuutioksi on saatu 0.0032 m³. Kun kuitenkin mittaamatta on 21.5 m, on kuutioluvun korjaus paikallaan. Jos mittaamattoman osan keskivahvuutena pidetään 3 mm ja tämän mukaan laskettu kuutiomäärä lisätään yllä mainittuun lukuun, saadaan 0.0034 m³. Juuristo oli jokseenkin pinnallinen. Tyvien kohdalta otettujen syvyysmittojen keskiarvo on juurten pituuksilla punnittuna 5.2 cm.

Syväjuuria ei tavattu. Ainoastaan lyhyt, tynkämäinen juuri n:o 4 painuu tyven kohdalta alaspäin ja kulkee sitten jonkin verran viistoon saavuttaen 16 cm:n syvyyden.

Jotta saataisiin koko juuriston kuutio, on siis pintajuuriston vastaavaan lukuun vain lisättävä kannon aluksen kuutio, jolloin saadaan 0.0037 m³, mikä rungon kuutiosta tekee 33.6 %.

Juurista oli kaksi aivan kärjestään lahoja. — Mainittavia katkeamia ei ole sattunut.

KOEALA XXII.

Paikka: Koeala sijaitsee Oriveden pitäjässä, Yliskylä-Säynäjoen valtionpuistossa, n. 0.5 km Hirvikankaan talosta etelään päin kankaalla, jonka nimenä on Santakangas. Kaivuuaika: Syyskuun alkupuoli v. 1925.

Metsikkö: Ennen kesällä v. 1923 suoritettua hakkuuta kasvoi koealan paikalla tiheänlainen männyn, kuusen ja koivun muodostama sekametsä; kuusta oli myös alikasvoksena. Mainittuna kesänä toimitettiin hakkuu, jossa poistettiin joukko mäntyjä ja kuusia sekä melkein kaikki koivut. Hakkuun jälkeen jäi metsikkö aukkoiseksi. Puukartta piirrettiin.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavana esiintyi harvahkon sammalpeitteen ohella runsaanlainen marjan varvusto sekä ruoho- ja heinäkasvillisuus.

Metsätyyppi: Mustikkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Maaperästä on tehty seuraava muistiinpano: Humus 4 cm; valkohiekka 8—20 cm; ruskea hiekka 30—40 cm; vaalea, saven värinen, hieno hiekka 20—25 cm; tiivis, kivinen sora, kivet eri suuruisia. Hiekkakerroksissakin on siellä täällä suurehkoja kiviä (20—40 cm läpimitaten). Tavataan myös nyrkin kokoisia ja pienempiäkin kiviä, mutta niitäkin harvakseen. Kivet ovat yleensä kulmikkaita, ei kuitenkaan teräväsärmäisiä. Ylemmät kerrokset ovat »puhdasta» hyvää maantiehiekkaa, josta muuten on puute puheena olevalla seudulla (huom. kankaan nimi).

Juuristojen selvittäminen: Kokonaisuudessaan kaivettiin esiin kahden puun juuristot; toinen oli tukkipuumänty, toinen pieni alikasvoskuusi. Kartoitusruutu oli 4 m²:n suuruinen.

Koepuu n:o 1, mänty, verraten vapaassa tilassa kehittynyt, kaunismuotoinen, pienilatvuksinen valtapuu. Muita tietoja seuraavassa.

Latvuksen leveys suuntaan NW—SE on 2.30 m, josta kaakon puolella vain 70 cm. Suuntaan NE—SW on leveys 1.65 m. Vuosien 1921—1925 latvakasvaimet (mikäli

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	Keskim. vuot. pituuskasvu 1911—1920, cm *Average ann. height increment 1911-1920, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXII,1 Mänty *Pine*	70	19.20	12.50	22.4	11.2	0.4434

niitä on syntynyt) ovat kuivuneet ja katkenneet pois. Puolet v:n 1920 kasvaimestakin oli kuivaa. Viimeisinä 32 vuotena on kehittynyt kapeita vuosilustoja (yhteinen vahvuus 3 cm), sitä ennen tasaisia leveitä. Lähinnä pintaa oleva lusto on v:n 1923 hakkuun vaikutuksesta hiukan edellisiään leveämpi.

Juuristo selvitettiin täydelleen. Pintajuuristosta antaa käsityksen kartta n:o 21 sekä keskusympyrä (kuva 21) ja keskussyväjuuristosta valokuva (kuva 55).

Pintajuurista mitattiin säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) 18, niistä 11 puun tyvestä lähteviä. Seuraavassa tietoja tärkeimmistä.

Koepuu XXII,1. *Sample tree XXII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	1 b	2	3	3 a	4	5	6	7	8	9	10
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	85	59	13	45	50	28	30	80	46	100	84	88	82
	vertik. *vertic.*	159	52		78	106	42	50	200	108	240	140	167	147
Diam. 1.5 m tyvestä, mm *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		14	4	7	10	10	10	5	15	11	6	11	10	10
Diam. 3.5 m tyvestä, mm *Diam. at 3.5 m from the base, mm*		5	—	4	4	5	5	—	11	9	3	5	5	3
Pituus, m *Length, m*		4.5	3.0	4.0	4.5	4.5	5.5	2.0	4.5	7.5	4.5	6.5	5.5	4.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		4.7	9.2	9.2	10.8	7.2	5.0	8.8	5.0	4.3	7.3	6.9	6.7	15.4

Juuret ovat tyvestään paksuja, mutta ohenevat nopeasti eivätkä saavuta suurta pituutta. Tyven litteys on useimmilla juurilla varsin merkittävä; jo 0.5 m:n mittakohdalla on kuitenkin enin osa juuria melkein pyöreitä läpileikkaukseltaan, ja 1.5 m:iin asti tyvestä ei yhdenkään litteys ulotu.

Pintajuuriston kokonaispituus on 157.5 m ja laajuus 50 m², joten yhtä m²:ä

kohti tulee 3.2 m juurta. Keskisyvyydeksi on 100 mittauksen nojalla saatu 7.8 cm. Mitatun pintajuuriston osan (69.5 m) kuutiomäärä on 0.0388 m³. Jos mittaamattoman osan (88.0 m) keskimääräisenä vahvuutena pidetään 5 mm ja tehdään tämän mukainen lisäys, saadaan kuutioksi 0.0406 m³.

Syväjuuristo on varsin huomattava; siitä antaa kuva 55 hyvän yleiskäsityksen. Mistään paalujuuresta ei voida puhua, vaan kyseessä on tyypillinen harojuuristo. Suoraan kannon alta lähtee kyllä vahva juuri (tyvestään 200 mm), mutta kuitenkin haaraantuu heti kahtia ja kumpikin haara puolestaan useaan osaan. Tämän lisäksi lähtee pintajuurten alta läheltä tyveä (0—70 cm:n etäisyydellä) joukko syväjuuria, jotka suuntautuvat joko suoraan tai vinosti alaspäin. Osa näistä haaraantuu jo lähellä pintaa luutamaisesti. Kaikkiaan on merkitty, lukuun ottamatta ensin mainittua, 10 huomattavaa syväjuurta. Syvimmälle tunkeutuvat juuret ulottuivat 82 cm:n syvyyteen. — Hajasyväjuuria on tavattu vain joitakin. Pari näistä on tyvestään merkittävän vahvaa (15 ja 6 mm). Edellinen saa alkunsa juuresta, joka metriä ennen lähtökohtaa on läpimitaltaan vain 7 mm. Puheena oleva hajasyväjuuri kasvoi viistosti alaspäin saavuttaen 70 cm:n syvyyden. — Koko syväjuuriston kuutioksi on saatu 0.0107 m³. Kannon aluksen vastaava luku on 0.0174 m³.

Kun juuri mainittujen lukujen summaan (0.0281 m³) lisätään ennen esitetty pintajuuriston kuutio (0.0406 m³), saadaan koko maanalaisen osan kuutiomääräksi 0.0687 m³, joka rungon kuutiosta on 15.5 %.

Kuolleita juuren päitä on runsaasti. Niitä merkittiin lähes parikymmentä. Mitatuista juurista on 8:lla kuollut pää. Kolmessa tapauksessa on juuri kuollutta n. 5 mm:n vahvuisesta alkaen.

Yhteenkasvettumia voidaan keskusympyrässä panna merkille kolme, kaikki siltajuurimuodostumia. — Merkittäviä paksunnoksia tavattiin kahdella pintajuurella. Toisessa tapauksessa oli 1.5 m:n mittakohdalla diametri 15 mm ja 2.5:n kohdalla 21 mm; toisessa taas oli läpimitta 1.5 m tyvestä 11 mm ja metriä kauempana 10 mm, mutta näiden kohtain välillä saavutti juuri 40 mm:n vahvuuden.

Katkeamia on sattunut kymmenkunta. Pahimpia ovat yksi 5:n ja yksi 6 mm:n, muut 3 mm:n tai sen alle.

K o e p u u n:o 2, kuusi, pieni, kitukasvuinen, alikasvokseen kuuluva yksilö. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXII,2 Kuusi *Spruce*	52	2.54	3.0	8.4	0.0019

Latvuksen leveys suuntaan NW—SE on 1.56 m ja suuntaan NE—WS 1.46 m.

Juuristo kaivettiin kokonaisuudessaan esiin. Pintajuuristo on kuvattuna samalla kartalla kuin edellisenkin koepuun (kartta n:o 21).

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) mitattiin 6 pintajuurta. Merkittävimmistä tietoja alla olevassa taulukossa.

Koepuu XXII,2. *Sample tree XXII,2.*

Juuren mitat / *Measurements of root*	Juuren n:o / *No. of root*	1	2	3	4
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	29	17	18	27
	vertik. / *vertic.*	33	19	24	37
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		14×15	7	5	9×10
Diam. 1.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		8	3	3	6
Pituus, m / *Length, m*		4.5	2.0	2.5	4.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		3.7	1.3	1.3	1.5

Pintajuuriston kokonaispituus on 46 m ja laajuus 22 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 2.1 m juurta. Keskisyvyydeksi on 26 mittauksen nojalla saatu 2.2 cm. Mitattujen juurten kuutiomäärä on 0.00100 m³. Mittaamaton osa on kyllä pituudeltaan huomattava (31 m), mutta sen kuutio on hyvin pieni. Jos sen keskimääräisenä läpimittana pidetään 2 mm ja tehdään tämän mukainen lisäys, saadaan pintajuuriston kuutioksi 0.00113 m³.

Syväjuuristoa edusti vähäpätöinen, lähellä tyveä sijaitseva parinkymmenen cm:n syvyyteen ulottuva juuri. Sen ja kannon aluksen kuutio yhdessä nostavat kuutioluvun neljättä desimaalia 1:llä, joten lopputuloksena on 0.00123 m³, jonka osuus rungon kuutiosta on 65.4%.

Lisähavainto koealalla XXII. Rinnankorkeudelta 13 cm:n vahvuisen koivun *(Betula verrucosa)* juuristoa paljastettiin läheltä tyveä. Eräät juuret lähtivät ja näyttivät jatkuvan verraten lähellä pintaa. Niiden kulkusuunta näytti olevan mutkitteleva samoin kuin koealalla XX tutkitun koivun juurten. Useita vahvoja juuria suuntautui vinosti alaspäin.

KOEALA XXIII.

Paikka: Koeala sijaitsee edellisestä n. 1 km länteen päin samassa valtionpuistossa, lähellä Kuivajärven metsänvartijatorppaa rinteellä, jota mainitaan Horhanpaltaksi. Kaivuuaika: Syyskuu v. 1925.

Metsikkö: Harvahko, n. 50-vuotinen männikkö, sekapuuna koivua ja kuusta, joka viimeksi mainittu enimmäkseen esiintyy alikasvoksena, katajapensaisto on runsas. Puukartta piirrettiin.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 koealaselitelmien lopussa. Leiman antavana yhtenäisen sammalpeitteen ja runsaan varvuston ohella (runsain puolukka) verraten runsas heinäkasvillisuus.

Metsätyyppi: Puolukkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humuksen vahvuus 2—5 cm, sen alla valkomaata 1—5 cm, paikoin puuttuu tämä kerros kokonaan. Seuraa punaisen kellertävä 25 cm:n vahvuinen ja sitten saven harmaa maakerros, joka rajoittuu kallioon. Ensimmäisen koepuun juurakon kohdalla on se 50—75 cm:n syvyydellä. Kallio on paikoin esilläkin, ei kuitenkaan koealan läheisyydessä. Kaikki maakerrokset ovat erittäin kivisiä. Ilman rautakankea olisi kaivuu ollut mahdotonta. Kivet vaihtelivat suuruudeltaan isoista paasista nyrkin kokoisiin; alemmassa, harmaassa kerroksessa oli lisäksi runsaasti n. sormenpään kokoisia pikkukiviä. Särmiltään olivat kivet usein hyvin teräviä. Maaperän hieno aines on karkeudeltaan jotenkin hiesuun verrattavissa. — Lyhyesti voidaan puheena olevaa maata sanoa hyvin kiviseksi moreeniksi.

Maa viettää jyrkänpuoleisesti etelään päin syvään ja pitkään laaksoon, joka paikkakunnalla tunnetaan Horhan nimellä. Koeala on rinteen ylälaidalla, joten nousua ylöspäin jatkuu vain pari metriä.

Juuristojen selvittäminen: Täydelleen selvitettiin kolmen puuyksilön juuristo, näistä yksi oli vain 1 m:n korkuinen taimi. Lisäksi on tutkittu neljännenkin puun juuristoa. Juurikarttaa laadittaessa käytettiin 1 m²:n ruutuja.

Koepuu n:o 1, mänty, hyväkasvuinen valtapuu. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXIII,1 Mänty *Pine*	50	14.25	7.00	15.6	31.0	0.1415

Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 2.15 m ja suuntaan W—E 1.55 m.

Juuristo kaivettiin esiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristosta antaa käsityksen kartta n:o 22 ja keskusympyrä, kuva 22.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 m j.n.e.) on mitattu 27 horisontaalista juurta, joista tyvestä lähteviä 18. Tärkeimmistä tietoja lähinnä seuraavassa taulukossa. Sen jälkeisessä taulukossa taas esitetään eräiden juurten mitat kokonaisuudessaan.

Juuret ovat melko pitkiä ja niiden suunta hyvin mutkitteleva. Tyvestään ovat useat juuret, varsinkin läheltä pintaa lähtevät, hyvinkin litteitä. Vain kolmella juurella ulottuu tämä ominaisuus kuitenkin 0.5 m:ä kauemmaksi.

Pintajuuriston kokonaispituus on 201.0 m ja laajuus 79 m², joten yhtä m²:ä

Koepuu XXIII,1. *Sample tree XXIII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	2	3	5	6	7	7 a	8	8 a	9	11	12	15
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	73	31	63	39	43	42	80	28	65	54	78	54	84	35
	vertik. / *vertic.*	152	43	110	53	46	70	170		128		67	96		46
Diam. 1.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		19	9	11	5	6	10	35	11	4	8	18	13	11	1.5
Diam. 3.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 3.5 m from the base, mm*		12	6	7	—	2	3	9	8	—	9	12	9	2	—
Pituus, m / *Length, m*		6.5	7.0	7.0	2.5	4.0	4.0	8.0	6.5	2.0	5.0	9.5	5.0	3.5	1.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		6.4	12.7	4.7	2.6	14.2	8.0	7.9	5.8	11.3	14.0	12.8	17.4	19.8	5.7

Koepuu XXIII,1. *Sample tree XXIII,1.*

Mittakohdat / *Points of measurement*		tyvi / *base*	0.5 m	1.5 m	2.5 m	3.5 m	4.5 m	5.5 m	6.5 m	7.5 m	8.5 m	9.5 m
Juuri n:o 1 / *The root no. 1*	Diam., mm	73×152	39×66	19	18	12	11	9	[1]) 5			
	Syvyys, cm / *Depth, cm*	—	2	2	4	2	3	20	18			
Juuri n:o 7 / *The root no. 7*	Diam., mm	80×170	66×73	35	10	9	7	5	4	3		
	Syvyys, cm / *Depth, cm*	—	2	6	2	10	20	17	7	10		
Juuri n:o 9 / *The root no. 9*	Diam., mm	78×67	34	18	[2]) .	12	9	7	7	4	3	1
	Syvyys, cm / *Depth, cm*	20	3	[2]) .	[2]) .	12	6	13	19	15	16	20

[1]) Juuri katkennut 5 mm:n vahvuisena. — *Broken root, its diameter being 5 mm.*
[2]) Mittoja ei voitu ottaa, koska juuri kulki kahden kivilohkareen välisessä onkalossa. — *It was impossible to measure the root, as it creeps between two large stones.*

kohti tulee 2.5 m juurta. Keskisyvyys on 149 mittauksen mukaan 13.4 cm, ja kuutiomääräksi on saatu 0.0320 m³. Mittaamaton osa (99 m) on jotenkin tasan puolet koko pituudesta. Jos sen keskivahvuutena pidetään 3 mm ja tehdään tämän mukainen lisäys kuutioon, on tuloksena 0.0330 m³.

Koepuun syväjuuristo on hyvin kehittynyt, kuten kuva 56 osoittaa. Pääosana on selvä paalujuuri, joka syvinten vaakasuorien juurten alapinnasta (läpimitta tällä

kohdalla 92 × 112 mm) ulottuu haarautumatta parikymmentä cm suoraan alaspäin. Tässä, 50 cm:n syvyydellä jakaantuu juuri useaan osaan, jotka ensin viistosti, sitten vaakasuorasti kulkien saavuttavat 75 cm:n syvyyden. Paitsi paalujuurta on merkittävä useita muitakin vankkoja syväjuuria tyven läheisyydessä. Näistä viisi vahvinta oli tyvimitoiltaan: 41 × 33, 47 × 24, 27 × 25, 21 × 20 ja 16 mm; syvyysulottuvaisuus vaihteli 50—70 cm:iin. — Hajasyväjuuriakin on melko runsaasti. Karttaan on niitä merkitty 15. Osa on pintajuurten alaspäisiä haaroja, osa taas on syntynyt siten, että pintajuuri itse on kääntynyt kasvamaan vertikaaliseen suuntaan. Erästä seurattiin 42 cm:n syvyyteen, jossa juuri 1 mm:n vahvuisena katkesi. — Syväjuuriston kuutiomäärä, kannon alus mukaan luettuna, on 0.0084 m³.

Jos yllä olevaan lukuun lisätään pintajuuriston kuutio (0.0330 m³), on tuloksena 0.0414 m³, joka ilmaisee koko maanalaisen osan kuutiomäärän. Rungon kuutiosta on se 29.3%.

Juuristo on elinvoimaisessa kunnossa siitä päättäen, että kuolleita juuren päitä on tavattu vain nimeksi.

Joukko koepuun omien juurten välisiä yhteenkasvettumia tavataan lähellä puun tyveä, mutta ne ovat sen luontoisia, että vain pari on saatu keskusympyrässä näkyviin.

Pahimmat katkeamat ovat 5 ja 6 mm:n; muitakin on melkoinen määrä, mutta niistä ei yksikään ole yli 3 mm:n. Maaperän kivisyyden takia on katkeamisia ollut mahdoton välttää. Arviolta olisi juuriston kokonaispituus n. 10 m:ä suurempi, ellei katkeamia olisi sattunut.

Koepuu n:o 2, kuusi, alikasvokseen luettava hidaskasvuinen yksilö, sijaitsi edellisestä koepuusta 8 m etelälounaaseen, puukarttaan otetun alueen ulkopuolella. Tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Diam. tyvestä, cm *Base diam., cm*	Diam. 0.5 m kork., cm *Diam. at 0.5 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXIII,2 Kuusi *Spruce*	22	1.07	3.2	1.8	6.1	0.00030

Latvuksen leveys suuntaan NE—SW oli 1.70 m ja suuntaan NW—SE 1.0 m. Lähimmät naapurit olivat saman kokoisia kuusia; lähin sijaitsi n. 1 m:n etäisyydellä koepuusta etelään, seuraava lähes 3 m:n päässä kaakkoiseen suuntaan.

Koko juuristo kaivettiin esiin. Pintajuuristo kartoitettiin. Sen pituussumma oli 20.5 m ja laajuus 11 m², joten yhtä m²:ä kohti tulee 1.9 m juurta. Keskisyvyys on 14 mittauksen nojalla 3.1 cm (mittakohdat: tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.). Mitattujen neljän juuren tyvidiametrit olivat: 16 × 23, 16 × 17, 13 × 15 ja 6 mm. Niiden kuutioksi saatiin 0.00023 m³. Kun säännöllisin välein mittaamatta on enin

osa juuriston pituudesta, on sen varalta tehtävä kuutioon pieni lisäys, joka nostaa viimeisen desimaalin 7:ksi. Tulos siis 0.00027 m³.

Koepuulla on melkoisen huomattava syväjuuri, joka lähtee erään pintajuuren alta läheltä tyveä jyrkästi alaspäin. Juuren vahvuus alkukohdasta on 19 mm. Sitä seurattiin 50 cm:n syvyyteen, missä juuri jo oli haaraantunut useaan osaan, joiden läpimitta vielä oli 2 mm. Syväjuuren ynnä kannon aluksen kuutio on 0.00007 m³.

Koko maanalaisen osan kuutiomäärä on edellisen nojalla 0.00034 m³ eli hieman suurempi kuin rungon kuutio (113.3 %).

Yhden juuren kärkihaarat olivat kuolleita. Sen sijaan pantiin merkille erään toisen juuren hyvin kasvuisa kärki. Sen uusi, kasvukauden aikana syntynyt osa erottui selvästi aikaisemmasta; pituudeltaan oli tämä osa 6 cm.

Läheisen pienen kuusen eräs juuri on pujotellut koepuun juurakon alitse ja jääden kahden juuren puristukseen kasvanut niihin kiinni.

Koepuu n:o 3, mänty, aukossa kasvava, hoikka, harvaoksainen, mutta elinvoimainen taimi, joka sijaitsi 9 m ensimmäisestä koepuusta kaakkoon. Lähin naapuri oli 1 m:n päässä kasvava, rinnantasalta 5 cm:n vahvuinen kuusi. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. tyvestä, cm *Base diam., cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXIII,3 Mänty *Pine*	15	0.92	0.30	1.5	7.9	0.00005

Juuristo kaivettiin esiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin mittakaavaan 1: 10. Juurakosta tehtiin piirros.

Pintajuuristo oli hyvin mitätön. Sen yhteinen pituus oli vain 5 m. Pisimmän juuren mitta oli vajaa 1 m. Enimmät juuret kulkivat humuksessa lähellä pintaa, eräät kuitenkin jopa 10 cm:n syvyydellä.

Paalujuuri lähtee rungon jatkona viistosti alaspäin, mutta hajoaa jo 5 cm:n syvyydellä kolmeen pääosaan, jotka kääntyvät vaakasuoraan.

Koepuu n:o 4, koivu, lähellä ensimmäistä koepuuta kasvava valtapuu. Läpimitta on rinnantasalta 8.5 cm ja tyvestä 14.5 cm, pituus 9.30 m.

Tutkittiin vain tyven lähellä olevaa juuristoa, josta tehtiin piirros, kuva 23. Huomiota herättää ensinnäkin se seikka, että kolme vankkaa juurta on lahonnut tyngäksi. Nähdään myös, että juuristo osaksi on syvällä kulkevaa. Eräs vertikaalinen juuri saavuttaa 52 cm:n syvyyden. Pantakoon vielä merkille eräiden juurten litteys, minkä osoittaa poikkileikkauksena näkyvä juuri.

KOEALA XXIV.

Paikka: Koeala sijaitsee Hämeenkyrön pitäjässä, Osaran kartanon maalla, Kyrösjärvessä olevan Vallinin saaren etelärannalla. Aika: Syyskuu v. 1925.

Metsikkö: Rannalla vesirajassa kasvavia tuuheaoksaisia hyötymäntyjä.

Kasvipeite: Heiniä ja ruohoja runsaasti, sammalia hyvin vähän.

Metsätyyppi: Mustikkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Maa on entistä vesijättöä. Humuskerroksen alla on tiivis, sininen savi.

Juuristojen selvittäminen: Vain yhden puun juuristoa käsiteltiin.

Koepuu n:o 1, mänty, kasvupaikka aivan rannalla. Laineet olivat syövyttäneet maan juurten alta, ja tuuli oli kaatanut puun maalle päin. Laineet olivat myös huuhtoneet juuriston puhtaaksi. — Seuraavassa eräitä puuta koskevia tietoja.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. (arviolta) *Age, years (estimated)*	Pituus, m *Height, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*
XXIV,1 Mänty *Pine*	45	15.00	25.0

Juuristo valokuvattiin altapäin rungon kohdalta, kuva 57. Huomiota herättää juuriston erinomainen tiheys. Myös voidaan todeta, ettei minkäänlaista paalujuurta enempää kuin muutakaan syväjuurta ole havaittavissa. Puun tyvestä lähteviä vahvoja pintajuuria oli 11, mutta nämä puolestaan haaraantuivat runsaasti sekä lähettivät joka taholle lukuisia sivujuuria. Lisäksi lähti tyvestä suuri joukko pienempiä horisontaalisia juuria. Juuristossa voitiin huomata kaksi kerrosta, joista ylempään kuuluivat vahvimmat juuret. Kuvassa näkyy pääasiallisesti alempaa kerrosta. Juuriston alapinnan syvyys puun tyven luona oli 50 cm, 0.5 m:n päässä tyvestä se oli 36 cm ja 0.7 m:n päässä 31 cm.

KOEALA XXV.

Paikka: Koeala sijaitsee Hämeenkyrön pitäjässä, Osaran kartanon maalla kummulla, jonka nimenä on Makkaramäki. Kaivuuaika: Syyskuu v. 1925.

Metsikkö: Kylvetty, 35-vuotinen, tasainen, hyötykasvuinen männikkö, johon luonto on lisäksi siementänyt jonkin verran kuusta. Jotkut näistä kehittyneet valtapuiksikin. Metsikön keskipituus arviolta 12 m. Talvella vv. 1924—25 on toimitettu keskinkertainen apuharvennus ja sitä ennen n. 15 vuotta aikaisemmin. — Puukartta tehtiin.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201 Leiman antavana mainittakoon runsas ruoho- ja heinäkasvillisuus.

Metsätyyppi: Käenkaali-mustikkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humuksen vahvuus oli 5—10 cm, seuraava kerros on hienoa kellertävää hietaa, joka syvälle päin muuttuu yhä hienommaksi, miltei savi-

maiseksi. Kiviä oli maaperässä harvakseen. Ne eivät kuitenkaan suuresti haitanneet kaivuuta. Maalaji on siis merkittävä hyvin vähäkiviseksi moreeniksi.

Maa viettää koealan kohdalla huomattavasti lounaaseen.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n: Vain yhden puun juuristoa käsiteltiin. Kartoitusruudut olivat 1 m²:n suuruisia.

K o e p u u n:o 1, mänty, valtapuu, joka oli kaadettu talvella vv. 1924—25. Eräitä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m (arviolta) *Height, m (estimated)*	Diam. kannolta, cm *Stump diam., cm*
XXV,1 Mänty *Pine*	35	10.0	20.5

Juuristoa ei kaivettu esiin kokonaisuudessaan, vaan ainoastaan se osa pintajuuristoa, jonka lähtökohta puun tyvestä ei ollut 25 cm:ä syvemmällä. Tätä juuriston osaa esittää kartta n:o 24.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) on mitattu 10 horisontaalista juurta. Seuraavassa taulukossa tietoja eräistä.

Koepuu XXV,1. *Sample tree XXV,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root*		Juuren n:o / *No. of root* 1	2	4	6	7	8	9
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	97	73	90	70	49	76	22
	vertik. *vertic.*		115		92	47	88	41
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		29×32	23	22	35×41	17	40	4
Diam. 3 m tyvestä, mm *Diam. at 3 m from the base, mm*		5	6	5	10	6	—	—
Pituus, m *Length, m*		6.5	5.5	4.0	8.5	4.5	1.0	2.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		12.3	4.0	14.4	7.7	6.0	9.0	18.0

Eräät juuret ovat 1 m:n mittakohtaan asti litteitä. Parin juuren tyvi on pyöreä, mutta 0.5 m:n, vieläpä toisella 1 metrinkin mittaus osoittaa litteyttä.

Esiin kaivetun juuriston osan yhteinen pituus on 88 m ja laajuus 59 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 1.5 m juurta. — Keskisyvyydeksi on saatu 47 mittauksen nojalla 9.6 cm. Kuutiomääräksi taas on saatu 0.0202 m³, mikä rungon kuutiosta on 13.5 %. (Rungon

kuutio on vertaamalla muihin saman tapaisiin männikköihin arvioitu n. 0.13 m³:ksi.) Huomattakoon, että säännöllisin välein on mitattu esiin kaivetusta juuristosta vain puolet (44.5 m), jota osaa yllä mainittu kuutioluku siis koskee. Jos mittaamattoman osan varalta tehdään lisäys pitäen keskimääräisenä läpimittana 5 mm, muuttuvat mainitut kuutio- ja %-luvut seuraaviksi: 0.0211 m³ ja 14.1 %.

Koepuun syväjuuristoa ei tutkittu, mutta voitiin kuitenkin päättää, että vankkoja syväjuuria oli tyven läheisyydessä. Juurakkoa koetettiin nim. suurella puukangella (kaksi miestä) vääntää ylös sen jälkeen kuin sitä oli paljastettu n. 30 cm:n syvyydeltä, mutta se ei hievahtanutkaan. On myös hyvin mahdollista, että puulla oli syvällä kulkevia vaakasuoria juuria, mutta ne yksin eivät olisi voineet estää juurakon ylös vääntämistä.

Eräitä yhteenkasvettumia pantiin merkille. Niinpä juuri n:o 8 yhtyy 1 m:n päässä tyvestään vieraan puun juureen lähellä tämän tyveä (vrt. karttaa n:o 24). Juuren jatkoa, joka on pikemmin luettava vieraan puun juureksi, ei ole kaivettu esiin. Lisäksi tavattiin lähellä puun tyveä kaksi omien juurten välistä yhteenkasvettumaa. Kummassakin oli vankka horisontaalinen juuri liittynyt toiseen kulkiessaan ristikkäin sen ylitse.

Katkeamista on yksi 7 mm:n, muut 3 mm:n tai siitä alaspäin.

KOEALA XXVI.

P a i k k a: Koeala sijaitsee Hämeenkyrön pitäjässä, Osaran kartanon ulkopalstalla, Hämeenkankaalla, lähellä mainittua kangasta myöten kulkevaa maantietä. K a i v u u a i k a: Syyskuu v. 1925.

M e t s i k k ö: Aukkoinen, kasvuisa, n. 30-vuotinen männikkö, jonka keskipituus on 3—7 m. Puut kasvavat joko yksittäin tai pieninä ryhminä, joiden keskinäinen välimatka vaihtelee 5—7 m:iin. Välillä on pienempää, n. 1 m:n korkuista taimistoa ja vielä matalampaakin.

K a s v i p e i t e: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201. Leiman antavina kasveina esiintyvät kanerva ja jäkälät.

M e t s ä t y y p p i: Kanervatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o: Humuksen vahvuus vaihtelee 1—4 cm:iin, useimmiten on se 3 cm:n paikkeilla. Vaalea huuhtoutunut kerros on vain 2—3 cm:n paksuinen, paikoin puuttuu se kokonaan, eikä missään ole erikoisen selvä. Sen alla on punainen, karkeahko hiekka, jonka karkeus alaspäin lisääntyy. Siellä täällä on lähellä pintaa ohuelti karkeaa, melkein soramaista hiekkaa. — Koealan tienoo on jotenkin tasaista. Hyvin loivasti laskeutuu maa kuitenkin etelään päin, läheistä rämettä kohti. Seutu kuuluu Hämeenkankaan—Pohjankankaan harjujaksoon, joka näillä paikoin esiintyy hiekkakankaina, kuten myös selviää SAURAMOn laatiman Tampereen seudun maalajikartan selityksestä.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n: Vain yhden puun juuristoa käsiteltiin. Pintajuuristoa kartoitettaessa käytettiin 4 m²:n suuruisia ruutuja.

K o e p u u n:o 1, mänty, hyväkasvuinen valtapuu. Muita tietoja, seuraavassa.

Latvusprojektio on merkitty juurikarttaan (kartta n:o 24). Vain tyvidiametri (13.0 cm) ja rinnankorkeusdiametri mitattiin. Kuutio saatiin vertaamalla muita samanlaisissa oloissa kasvaneita puita.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXVI,1 Mänty *Pine*	32	6.60	0.90	8.6	36.6	0.0200

Pintajuuristosta kaivettiin kokonaisuudessaan esiin enintään puolet. Muu osa selvitettiin vain tyven läheltä. Tutkitusta horisontaalisesta juuristosta antaa käsityksen kartta n:o 24. Vielä kaivettiin esille keskussyväjuuristo.

Kokonaisuudessaan paljastetun vaakasuoran juuriston osan pituussumma on 131 m. Jos otetaan huomioon, että enintään puolet on kaivettu esiin, saadaan koko pintajuuriston pituussummaksi hiukan pyöristäen 2 6 0 m. Kaivetun osan laajuus on 95 m² ja koko juuriston 1 9 0 m² saman olettamuksen mukaan kuin edellä. Yhtä m²:ä kohti tulee 1.4 m juurta. — Äskeinen olettamus perustuu siihen, että puun ympäryksestä on vain 180° otettu kaivettaessa huomioon, ja vastakkaiseen suuntaan lähtee yhtä paljon ja yhtä vahvoja juuria.

Juuristoa ei mitattu säännöllisin välein. Voidaan vain ilmoittaa viiden huomattavimman pintajuuren tyvimitat (horisontaalinen ensin) ja syvyydet samalla kohtaa: 40 × 52 mm, 10 cm; 39 × 51 mm, 4 cm; 33 × 53 mm, 5 cm; 23 × 32 mm, 6 cm; 17 × 15 mm, 17 cm. Juurten syvyys oli eräitten hajamittausten ja kaivaessa saadun käsityksen mukaan keskimäärin 5—7 cm. Suurimpia syvyysmittoja olivat 14 ja 15 cm, 8—10 cm ei ollut harvinainen syvyys. — Pisimmän tutkitun pintajuuren mitta on 11.0 m ja kaikkine haaroineen 50.0 m.

Pintajuuristoa ei voida mittausten puutteessa tarkoin kuutioida. Ottamalla kuitenkin vertauskohdaksi muut saman kokoiset ja samanlaisella juuristolla varustetut puut, voidaan joltisellakin varmuudella päättää, että pintajuuriston keskimääräinen vahvuus on 5 mm:n vaiheilla. Tämän mukaan saataisiin koko vaakasuoran juuriston kuutioksi 0.0052 m³.

Pintajuuriston yleisistä piirteistä ansaitsee vielä mainita juurten harvinaisen suora ja mutkaton kulku.

Syväjuuriston tärkein osa oli erittäin tyypillinen paalujuuri, joka kasvoi suoraan rungon jatkona alaspäin ulottuen 81 cm:n syvyyteen. Saman syvyyden saavuttaa vielä eräs pintajuuresta läheltä puun tyveä lähtevä syväjuuri. Kuitenkin on kummastakin katkennut alimpia haaroja, joten juuret todellisuudessa ulottuivat jonkin verran syvemmälle. — Hajasyväjuuria on merkitty neljä. Ne ovat yhdessä ryhmässä n. 1.5 m:n päässä rungosta. — Syväjuuriston kuutioksi, kannon alus mukaan luettuna, on saatu 0.0038 m³.

Edellä esitettyjen lukujen nojalla johdutaan koko maanalaista osaa koskevaan kuutiolukuun 0.0090 m³, joka rungon kuutiosta on 45.0 %.

KOEALA XXVII.

P a i k k a: Koeala sijaitsee Oriveden pitäjässä, Yliskylä-Säynäjoen valtionpuistossa, pienellä Nevasuoksi nimitetyn rämeen saarella, n. 3 km Hirvikankaan talosta itään päin. K a i v u u a i k a: Syys- ja lokakuun vaihde v. 1925.

M e t s i k k ö: Parin vanhan ylispuun alla eri-ikäistä, epätasaista mäntynuorennosta. Paikoin on tiheitä, kasvuisan näköisiä ryhmiä, joiden keskipituus lähentelee 5 m:ä, paikoin taas harvaa ja kituvaa parin metrin mittaista taimistoa. Puukartta piirretty.

K a s v i p e i t e: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201. Leiman antavina kasveina esiintyvät kanerva ja jäkälät. — Tiheässä pikku metsikössä, johon koepuut n:ot 4 ja 5 kuuluivat, oli kasvipeite hiukan poikkeava. Täällä oli leiman antavana paksu seinäsammal, jäkälää oli vähän.

M e t s ä t y y p p i: Kanervatyyppi.

M a a p e r ä j a m a a s t o: Humus 2 cm, valkomaa 5 cm, punertava maakerros 25 cm, alimpana saven harmaa kerros. Kiviä oli kaikissa kerroksissa jonkin verran, osittain pyöreäkulmaisia. Kankea ei kaivettaessa tarvittu, mutta miltei jokainen lapionpisto toi mukanaan kiviä. Enimmäkseen vaihtelivat ne nyrkin kokoisesta suuren katukiven kokoiseen, kuitenkin tavattiin suurempiakin. Hieno aines oli karkeudeltaan hienon hiekan veroista. Lyhyesti, maaperä on verraten vähäkivistä moreenia. — Kallio on koepuun n:o 4 luona 50 cm:n syvyydellä, mutta paikoin (m.m. lähellä koepuita n:ot 5 ja 6) on se vain sammalen ja hyvin ohuen maakerroksen peittämä. — Maa viettää koepuiden n:ot 1, 2, 3, ja 4 luona heikosti etelään päin. Saarta ympäröivä rahkainen niittyvillaräme on ensimmäisestä koepuusta n. 10 m länteen ja kolmannesta saman verran etelään. Koepuiden n:ot 5 ja 6 lähettyvillä on maa jotenkin tasaista. — Saaren korkein kohta on n. metrin suon pintaa ylempänä.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n: Täydelleen on tutkittu kuuden männyn juuristot. Lisäksi tehtiin havaintoja 7 männyn syväjuuristoista. — Pintajuuristot kartoitettiin alkuaan mittakaavaan 1 : 20; kartoitusruutuna oli 1 m².

K o e p u u n:o 1, mänty, hidaskasvuinen, mutta vielä kehityskykyinen valtaluokan yksilö, vapaassa tilassa kehittynyt. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, cm *The branchless part of the stem, cm*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXVII,1 Mänty *Pine*	27	2.13	0.55	1.9	13.2	0.00104

Latvus on jokseenkin pyöreä ulottuen n. 40 cm joka taholle rungosta. Juuristo kaivettiin esiin kokonaan. Pintajuuristo kartoitettiin.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) mitattiin neljä merkittävintä pintajuurta. Niistä esitetään tietoja seuraavassa.

Koepuu XXVII,1. *Sample tree XXVII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	28	12	13	19
	vertik. / *vertic.*	34	30	16	16
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		7	3	4	4
Diam. 1.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		5	2	1.5	3
Pituus, m / *Length, m*		3.0	1.5	3.5	3.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		6.0	10.5	2.2	3.8

Koko pintajuuriston pituussumma on 30.5 m ja laajuus 16 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 1.9 m juurta. Keskisyvyydeksi on 22 mittauksen nojalla saatu 6.1 cm. Säännöllisesti mitatun juuriston osan (pituus 11.0 m) kuutioksi on saatu 0.00050 m³. Jos tähän mittaamattoman osan varalta tehdään korjaus (keskim. läpimittana pidetään 3 mm), on tuloksena 0.00064 m³.

Minkäänlaista paalujuurta ei ollut. Syväjuuristoa edustavat vain eräät hajasyväjuuret. — Maanalaisen osan kuutio saadaan näin ollen ottamalla pintajuuriston lisäksi huomioon kannon alus, jonka kuutiomäärä on 0.00011 m³. Näin johdutaan tulokseen 0.00075 m³, mikä rungon kuutiosta on 72.1 %.

Juuren päistä oli kaksi muutaman cm:n pituudelta kuivunutta.

Koepuu n:o 2, mänty, kituvakasvuinen valtapuu, vapaassa tilassa kehittynyt. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Rungon oksaton osa, m / *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ / *Volume, cbm.*
XXVII,2 Mänty / *Pine*	40	1.84	0.75	1.3	10.6	0.00067

Juuristo kaivettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) mitattiin neljä merkittävintä pintajuurta. Esitettäköön vain tärkeimmän mittaustulokset kokonaisuudessaan.

Koepuu XXVII,2. *Sample tree XXVII,2.*

Mittakohdat *Points of measurement*		tyvi *base*	0.5 m	1.5 m	2.5 m	3.5 m	4.5 m
Juuri n:o 1 *The root no. 1*	Diam., mm	32×35	9	5	3	2	2
	Syvyys, cm *Depth, cm*	3	16	15	20	21	23

Muut mitatut juuret olivat paljon pienempiä ja kulkivat lähempänä pintaa. Niiden tyviläpimitat olivat: 13 × 20, 15 × 19 ja 9 × 14 mm. — Pintajuuriston yhteinen pituus on 21.0 m ja laajuus 10 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 2.1 m juurta. Keskisyvyydeksi on 17 mittauksen nojalla saatu 13.0 cm. — Säännöllisesti mitatun juuriston osan (8.0 m) kuutio on 0.00048 m³. Jos mittaamattoman osan varalta tehdään korjaus (keskim. läpimittana pidetään 2 mm), saadaan tulokseksi 0.00052 m³. Erikoista puun pintajuuristolle on sen silmiin pistävä toispuolisuus.

Paalujuurta ei ole, eikä muitakaan merkittäviä syväjuuria. Nähtävästi on juuri n:o 1 alkuaan ollut paalujuuri, mutta kääntynyt sivulle.

Koko maanalaisen osan kuutio saadaan lisäämällä pintajuuriston vastaavaan lukuun vain kannon aluksen kuutio 0.00006 m³. Tulos on 0.00058 m³, joka on 86.6 % rungon kuutiomäärästä.

Kuolleita juuren päitä ei tavattu. Mainittakoon, että juurella n:o 1 oli kaunis, valkea kasvullinen kärki, jonka paksuus oli 2 mm.

K o e p u u n : o 3, mänty, melkein tasalatvainen, kituvan näköinen, jäkälöitynyt valtaluokan yksilö. Yhdellä puolen oli naapuripuu lähellä, muualla vapaata. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 0.75 m kork., cm *Diam. at 0.75 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXVII,3 Mänty *Pine*	36	1.38	0.75	2.2	4.1	0.00049

Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 0.80 m ja suuntaan W—E 0.70 m.

Juuristo kaivettiin kokonaan. Pintajuuristo kartoitettiin.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.0, 1.5 m j.n.e.) mitattiin 7 vaakasuoraa juurta, joista mainittakoon vain tyvimitat ja keskisyvyydet.

Koepuu XXVII,3. *Sample tree XXVII,3.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	4 a	5	6
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	7	8	14	14	6	9	9
	vertik. / *vertic.*		9	15	16			12
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		4.0	2.8	1.8	9.3	5.2	14.7	20

Pintajuuriston yhteinen pituus on 19.0 m ja laajuus 10 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 1.9 m juurta. Keskisyvyys on 26 mittauksen nojalla 4.9 cm. Säännöllisesti mitatun juuriston osan (9.5 m) kuutio on 0.00018 m³. Jos muun osan varaita tehdään lisäys (pitäen keskim. läpimittana 2 mm), on tuloksena 0.00021 m³.

Puulla on selvä paalujuuri, joka välillä vaakasuoraan kääntyen ulottuu yli 50 cm:n syvyyteen. Puolen metrin syvyydellä juuri nim. katkesi 2 mm:n vahvuisena. Eräitä hajasyväjuuriakin tavataan. Syväjuurten yhteinen kuutio, kannon alus mukaan luettuna, on 0.00020 m³.

Edellä esitettyjen lukujen nojalla saadaan koko maanalaisen osan kuutioksi 0.00041 m³, joka rungon kuutiomäärästä on 83.7 %.

K o e p u u n:o 4, mänty, rehevä, hyväkasvuinen valtapuu, jotenkin tiheässä ryhmässä kehittynyt. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Rungon oksaton osa, m / *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ / *Volume, cbm.*
XXVII,4 Mänty *Pine*	45	5.00	1.0	6.7	29.6	0.0107

Latvus on jokseenkin symmetrinen; sen leveys suuntaan N—S on 1.30 m ja suuntaan W—E 1.55 m.

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin. Juurakko valokuvattiin (kuva 58).

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) mitattiin 12 pintajuurta, joista 8 tyvestä lähteviä. Seuraavan sivun ensimmäisessä taulukossa tietoja tärkeimmistä.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 74.5 m ja laajuus 29 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 2.6 m juurta. Keskisyvyys on 53 mittauksen nojalla 6.0 cm. Säännöllisesti

Koepuu XXVII,4. *Sample tree XXVII,4.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	5 a	6	7	8
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	28	19	22	26	45	29	30	27	17
	vertik. / *vertic.*	57	26	48	38	66	37	60	54	38
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		10	9	7	9	9	11	15	10	9
Diam. 1.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		3	4	3	5	5	7	9	4	5
Pituus, m / *Length, m*		1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	5.5	3.0	2.0	2.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		9.8	4.8	2.8	3.0	4.6	6.4	3.0	2.5	2.8

mitatun juuriston osan (29.5 m) kuutio on 0.0036 m³. Jos muun osan varalta tehdään lisäys (pitämällä keskim. läpimittana 4 mm), saadaan tulos 0.0042 m³.

Varsinaista keskussyväjuuristoa ei ole, kuten nähdään kuvasta 58. Alkuperäinen paalujuuri on heti tyvestään kääntynyt sivulle. Eräät viistoon alaspäin suuntautuvat juurihaarat saavuttavat kuitenkin 45 cm:n syvyyden. Muutamia vähäisiä hajasyväjuuria tavataan. Niiden ja kannon aluksen yhteinen kuutio on 0.0006 m³.

Edellisen nojalla saadaan koko maanalaisen osan kuutioksi 0.0048 m³, mikä rungon kuutiosta tekee 44.9 %.

Vain yksi kuollut juuren pää tavattiin, se oli pisimmän kaikista, n:o 5 a:n. Kuollutta osaa oli 16 cm.

Koepuu n:o 5, mänty, kapealatvuksinen, toisten ahdistama puu, mutta vielä kehityskykyinen, hyvin tiheässä ryhmässä kasvanut. Tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji / *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. / *Age, years*	Pituus, m / *Height, m*	Rungon oksaton osa, m / *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm / *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm / *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ / *Volume, cbm.*
XXVII,5 Mänty *Pine*	55	3.28	2.15	2.6	10.6	0.00154

Latvuksen leveys suuntaan N—S on 0.70 m ja suuntaan W—E 0.75 m. Kapein on oksisto idän puolella, 25 cm.

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin. Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) mitattiin 7 pintajuurta, kaikki tyvestä lähteviä. Niistä tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu XXVII,5. *Sample tree XXVII,5.*

Juuren n:o / *No. of root* — Juuren mitat / *Measurements of root*		1	2	3	4	5	6	7
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	15	11	10	11	22	8	9
	vertik. / *vertic.*	16	8	9	8	19	15	13
Diam. 0.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		8	4	4	4	3	3	1.5
Diam. 1.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		6	3	—	3	2	—	—
Pituus, m / *Length, m*		6.0	3.0	1.0	2.5	1.5	1.5	0.5
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		2.4	1.2	2.0	5.5	28.0	16.3	34.0

Pintajuuriston yhteinen pituus on 30.0 m ja laajuus 16 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 1.9 m juurta. Keskisyvyys on 28 mittauksen nojalla 7.3 cm. Säännöllisesti mitatun juuriston osan (15.5 m) kuutiomäärä on 0.00045 m³. Jos muun osan varalta tehdään lisäys (pitämällä 2 mm keskipaksuutena), on tuloksena 0.00049 m³. — Pisin juuri kulkee loppuosaltaan pitkin sammalen ja hyvin ohuen maakerroksen peittämää kalliota.

Puulla on selvä paalujuuri, jonka läpimitta ylimpien pintajuurien alta on 43 mm. Juuri kulkee melkein kohtisuoraan alaspäin aina 22 cm:n syvyyteen, jossa kääntyy huomattavasti loivemmaksi ja lopulta vaakasuoraksi. Sen saavuttama suurin syvyys on 32 cm. Loivenemiskohdastaan asti on juuri otettu huomioon vaakasuorana juurena (n:o 5). Enimmältä osaltaan kulkee tämä juuri pitkin kallion pintaa. Eräs toinenkin paalujuuren alimmista haaroista kulkee samoin pitkin kalliota. Paalujuuren kuutio, kannon alus mukaan luettuna, on 0.00024 m³.

Edellisen nojalla tulee koko maanalaisen osan kuutioksi 0.00073 m³, mikä rungon kuutiomäärästä on 47.4 %.

Kuollut pää tavattiin kahdella juurella. Toinen oli 8, toinen 30 cm:n pituudelta laho. Edellinen oli hyvin pinnallinen juuri, jälkimmäinen syvimpänä kulkevia.

Mainittakoon vielä, että paalujuuren vaakasuora jatko (juuri n:o 5) 65 viimeistä cm:ään kulki vanhan lahonneen juuren sisässä.

Koepuu n:o 6, mänty, rehevän ja voimakkaan näköinen valtapuu, hyvin tiheässä ryhmässä kehittynyt. Tietoja seuraavan sivun ensimmäisessä taulukossa.

Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 0.80 m ja suuntaan W—E 1.05 m. Kapein oli oksisto pohjoisen ja luoteen puolella, nim. 40 cm.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m^3 *Volume, cbm.*
XXVII,6 Mänty *Pine*	55	5.17	2.20	6.3	21.0	0.00923

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin. Juurakosta otettiin valokuva (kuva 59).

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) on mitattu 7 pintajuurta, joista 6 tyvestä lähtevää. Tärkeimmistä tietoja seuraavassa.

Koepuu XXVII,6. *Sample tree XXVII,6.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	25	18	16	50	46
	vertik. *vertic.*	41	23	26	64	58
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		4	6	5	13	12
Diam. 1.5 m tyvestä, mm *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		—	4	1	6	7
Pituus, m *Length, m*		[1]) 0.5	2.5	1.5	4.0	3.0
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		10.5	6.8	2.5	7.5	18.0

[1]) Juuri kääntyy tällä kohtaa jyrkästi alaspäin. — *The root turns here sharply downward.*

Pintajuuriston yhteinen pituus on 42.5 m ja laajuus 16 m^2, joten 1 m^2:ä kohti tulee 2.7 m juurta. Keskisyvyys on 31 mittauksen nojalla 10.5 cm. Säännöllisesti mitatun osan (14.0 m) kuutio on 0.00211 m^3. Jos muun osan varalta tehdään lisäys (pitämällä 3 mm keskipaksuutena), saadaan tulos 0.00231 m^3. — Pisin juuri kulkee loppuosaltaan pitkin sammalen ja hyvin ohuen maakerroksen peittämää kalliota.

Alaspäin suuntautuvaa paalujuurta ei koepuulla ole, kuten kuva 59 osoittaa. Rungon jatkona esiintyvä vankka juuri on heti tyvestään kääntynyt sivuun kasvaen edel-

leen horisontaalisesti ja päätyen jo 1.5 m:n etäisyydellä aivan lähelle pintaa. Kallio ei ole ollut syynä puheenalaisen juuren kääntymiseen sivulle päin. Juuri on käsitelty tavallisena vaakasuorana juurena. — Eräs tämän juuren alaspäinen haara samoin kuin eräät syväjuuret, ulottuu lähes 0.5 m:n syvyyteen. — Kannon aluksen ja syväjuurten yhteinen kuutio on 0.00051 m^3.

Edellisen nojalla saadaan koko maanalaisen osan kuutioksi 0.00282 m^3, mikä rungon vastaavasta luvusta on 30.6 %.

Kaksi päästään lahoa juurta tavattiin. Vain ohut (1.5 ja 2 mm) kärki oli lahonnut. Eräitä katkeamia on sattunut, ei kuitenkaan varsin huomattavia.

Koepuut n:ot 7—13, mäntyjä, joiden tyviläpimitat ovat: 3.0, 3.5, 4.0, 6.2, 6.9, 7.4 ja 8.4 cm. Vain syväjuuriston suhteen on tehty havaintoja. Juurakoista piirrettiin kuvat. Kahdella puulla on selvä, alaspäin suuntautuva paalujuuri, kolmella on sivulle päin kääntynyt ja kahdella ei ole jälkeäkään paalujuuresta. Kallio ei yhdessäkään tapauksessa ollut syynä paalujuuren kääntymiseen. Kuvat 24, 25 ja 26 esittävät yhden juurakon kustakin ryhmästä.

KOEALA XXVIII.

Paikka: Koeala sijaitsee Nevasuo nimisellä rämeellä, parikymmentä metriä lounaaseen siitä saaresta, jolla edellinen koeala oli. Kaivuuaika: Lokakuun alkupuoli v. 1925.

Metsikkö: Harvapuinen kituva rämemännikkö, alla paikoin kehnoa taimistoa. Puukartta laadittiin.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201. Leiman antavana on yhtenäinen, harvamättäinen *Sphagnum*-peite; niittyvilla on runsas, varpuja harvanlaisesti.

Suotyyppi: Rahkainen niittyvillaräme.

Maaperä ja maasto: Turpeen vahvuus vaihtelee 0.75—1 m:iin. Suo on tasainen ja pohjavesi aivan lähellä pintaa. Räme on ojitettu n. 15 v. sitten, mutta mitään vaikutusta ei koealan kohdalla ole havaittavissa. V. 1925 suunniteltiinkin suolle lisäojia.

Juuristojen selvittäminen: Vain yksi puu otettiin käsiteltäväksi. Pintajuuristo kartoitettiin käyttämällä 1 m^2:n ruutuja.

Koepuu n:o 1, kituva, yksikseen kasvava rämemänty. Lähin naapuri oli 2.6

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m^3 *Volume, cbm.*
XXVIII,1 Mänty *Pine*	98	6.12	4.10	9.6	5.9	0.0275

m:n päässä suuntaan SSE, muut 3 m:n etäisyydellä suuntiin E, ENE, NE ja NNE. Naapurit olivat koepuun kokoisia tai pienempiä paitsi toinen viimeksi mainituista, joka rinnantasalta mitaten kuului luokkaan 15—20 cm. — Edellisen sivun taulukossa eräitä tietoja koepuusta.

Latvuksen leveys leveimmältä kohdalta 1.40 m.

Juuristo selvitettiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristoa esittää kartta n:o 25. Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 m j.n.e.) mitattiin paksuudeltaan 4 pintajuurta, joista 3 tyvestä lähtevää. Seuraavassa eräitä tietoja mitatuista juurista.

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	54	57	63	28
	vertik. *vertic.*	132	136	132	
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		11	16×18	20×24	10
Diam 2.5 m tyvestä, mm *Diam. at 2.5 m from the base, mm*		2	7	3	7
Pituus, m *Length, m*		3.5	6.0	3.5	6.0

Kaikki pääjuuret ovat tyvestään huomattavasti litteitä, samoin 0.5 m:n kohdalta ja kaksi, kuten taulukostakin näkyy, vielä 1 m:n kohdalta.

Pintajuuriston yhteinen pituus on 66.5 m ja laajuus 36 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 1.8 m juurta. Juurten syvyydestä ei ole säännöllisiä mittauksia tehty. Kaivettaessa saadun kokemuksen ja siellä täällä tehtyjen mittausten nojalla on vain merkitty, että useimmat juuret kulkivat 10—15 cm:n syvyydellä ja jotkut 20:n, vieläpä 25:cm:nkin syvyydellä. Melkein kaikki juuret tulivat esiin kaivettuna olemaan vedessä, mutta kaivuun aikana (lokakuussa) oli veden taso nähtävästi jonkin verran tavallisuutta korkeammalla. Säännöllisin välein mitatun pintajuuriston osan (19 m) kuutio on 0.0095 m³. Jos muun osan varalta tehdään lisäys (pitämällä 5 mm keskipaksuutena), johdutaan tulokseen 0.0103 m³.

Minkäänlaista vertikaalista juuristoa ei ole. Kannon aluksen kuutioksi saadaan 0.0029 m³.

Edellisen nojalla on koko maanalaisen osan kuutio 0.0132 m³, joka rungon kuutiosta on 48.0 %.

Kuolleita juuren päitä on paljon. Juurten tilan huomaa helposti siitä, että kuolleesta juuren osasta on kuori lähtenyt pois. Eräs mitatuista pääjuurista on 2 m:n pituudelta kuorta vailla, ja loppuosa 2 mm:n vahvuisesta on kokonaan lahonnut pois. — Mainittava on, että kolme muuta mitattua juurta on tervettä päähän asti.

Varsin merkittäviä katkeamia ei ole sattunut.

KOEALA XXIX.

P a i k k a : Koeala sijaitsee samalla, Nevasuo nimisellä rämeellä kuin edellinenkin, n. 30 m koilliseen siitä saaresta, jolla oli koeala XXVII. Koealan vieritse kulkee v:n 1912 vaiheilla kaivettu viemäri. K a i v u u a i k a : Lokakuun alkupuoli v. 1925.

M e t s i k k ö : Nuorehko, verraten hyväkasvuinen, ryhmittäinen männyn ja koivun muodostama sekametsä. Melkein kaikki ne puut, jotka olivat olemassa ennen ojitusta, ovat sen vaikutuksesta huomattavasti parantaneet kasvuaan. Puukartta piirrettiin.

K a s v i p e i t e : Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201. Leiman antavana on yhtenäinen *Sphagnum*-peite. Mättäitä melko runsaasti. Niittyvillaa ja useita varpuja runsaanlaisesti.

S u o t y y p p i : Kuivuva niittyvillaräme.

M a a p e r ä j a m a a s t o : Turpeen vahvuus on yli 2.5 m:n. Pintaturve tuntui verraten kuivalta. Kun päällimmäinen kerros oli poistettu, pursui kuitenkin vesi askeleen alta. Tähän oli osaltaan syynä myöhäinen, sateinen vuodenaika. Kunnossa oleva syvä viemäri oli puukartan alueen luoteiskulmasta 2.5 m:n päässä, koilliskulmasta 5 m:n etäisyydellä (mitat viemärin keskelle). Vesi virtasi kaakosta luoteeseen. Lisättäköön, että mainittu, puukarttaan otettu alue ulottui viemärin suunnalla vain hiukan pitemmälle kuin koepuun juuristo.

J u u r i s t o j e n s e l v i t t ä m i n e n : Vain yhden puun juuristo on ollut käsiteltävänä. Pintajuuristo kartoitettiin käyttämällä 1 m²:n ruutuja.

K o e p u u n : o 1, mänty, rehevän ja kasvuisan näköinen, häiriintymättä kasvava valtapuu. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXIX,1 Mänty *Pine*	32	4.15	0.90	5.8	26.1	0.00806

Latvuksen leveys suuntaan N—S on 1.80 m ja suuntaan W—E 1.65 m. Levein oli oksisto kaakkoon päin (1.05 m), kapein lounaaseen (0.75 m).

Juuristo on selvitetty kokonaisuudessaan. Pintajuuristoa kuvaa kartta n:o 26. Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) on vahvuudeltaan mitattu 9 pintajuurta, joista 5 tyvestä lähtevää. Tärkeimmistä tietoja seuraavalla sivulla olevassa taulukossa.

Vain yhden juuren (n:o 2) tyvilitteys ulottuu 0.5 m:iin saakka (diam. 37 × 41 mm).

Pintajuuriston yhteinen pituus on 1 0 0 . 5 m ja laajuus 4 0 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 2.5 m juurta. Juurten syvyydestä ei ole tehty säännöllisiä mittauksia. Kuiten-

Koepuu XXIX,1. *Sample tree XXIX,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	2 a	3	4	4 a	5
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	39	71	13	50	45	9	47
	vertik. / *vertic.*	63	107		72	60		64
Diam. 1.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 1.5 m from the base, mm*		4	9	7	15	5	4	3
Diam. 3.5 m tyvestä, mm / *Diam. at 3.5 m from the base, mm*		2	2	3	6	2	2	—
Pituus, m / *Length, m*		4.0	4.5	5.0	5.5	4.0	5.0	2.0

kin on merkitty muistiin kunkin juuren keskisyvyys kaivettaessa saadun käsityksen ja sitä tukevien hajamittausten mukaan. Tämän nojalla tulee juuriston keskisyvyydeksi 8.5 cm. — Säännöllisesti mitatun juuriston osan (39 m) kuutiomäärä on 0.00644 m³. Jos muun osan varalta tehdään lisäys (pitäen 3 mm keskivahvuutena), saadaan tulos 0.00687 m³. — Huomattakoon vielä eräiden pintajuurten tekemät kummalliset äkkimutkat ja silmukat (vrt. karttaa).

Vertikaalisesta juuristosta ei ole merkkiäkään. Kannon aluksen kuutiomääräksi saadaan 0.00077 m³.

Edellisen nojalla on koko maanalaisen osan kuutio 0.00764 m³, mikä rungon kuutiomäärästä tekee 94.8 %.

Juuriston tila on hyvä. Yhtään kuollutta juuren päätä ei tavattu, ja useilla juurilla oli kaunis, kasvullinen, valkea kärki.

Katkeamia on sattunut, mutta ei erikoisen merkittäviä.

KOEALA XXX.

Paikka: Koeala sijaitsee Oriveden pitäjässä, Yliskylä-Säynäjoen valtionpuistossa, Kutemajärven länsirannalla, lähellä Viitapohjasta Orivedelle vievää tietä.
Kaivuuaika: Lokakuun keskivaiheet v. 1925.

Metsikkö: Erittäin tiheä, nuori, kasvuisa männikkö, jossa sekapuuna on pihlajaa, leppää, haapaa ja koivua. Puukartta valmistettiin.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201. Leiman antavana esiintyy harvanlaisen varvuston ja niukan sammaliston ohella runsas heinäkasvillisuus.

Metsätyyppi: Puolukkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humuksen paksuus vaihtelee 5—15 cm:iin ollen useimmiten 8 cm:n vaiheilla. Valkomaakerros on erittäin selvä, väriltään hyvin vaalea; sen vahvuus on useimmiten n. 10 cm, mutta vaihtelee 3—15 cm:iin. Seuraava 10—20 cm:n paksuinen kerros on väriltään ruosteen ruskeaa ja muuttuu vähitellen alaspäin saven harmaaksi. Mineraalimaa muuttuu alaspäin yhä hienommaksi, joten se 65 cm:n

syvyydellä on jo melkoisesti savimaista, kuivuu kiinteiksi kokkareiksi ja tekee kaivaessa huomattavaa vastusta. Ylemmätkin kerrokset ovat rikkaita hienoista aineksista. — Kiviä, enimmäkseen nyrkin kokoisesta suuren katukiven kokoiseen, on kaikissa kerroksissa harvakseen; savimaisessa kerroksessa on lisäksi runsaanlaisesti pikkukiviä. Särmiltään ovat kivet yleensä teräviä. — Lyhyesti, maaperä on hyvin vähäkivistä, runsaasti hienoja aineksia sisältävää moreenia.

Koealan kohta on jokseenkin tasaista. Kuitenkin on heikkoa laskua etelään päin, järven rantaa kohti huomattavissa, nousua taas pohjoista ja länttä kohti. Järven pintaa ylempänä on koeala arviolta pari metriä.

Juuristojen selvittäminen: Vain yksi koepuu on ollut käsiteltävänä. Pintajuuristo kartoitettiin käyttäen 1 m²:n suuruisia ruutuja.

Koepuu n:o 1, mänty, hyväkasvuinen, mutta metsikön tiheyden takia hoikka valtaluokkaan luettava yksilö. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXX,1 Mänty *Pine*	37	9.90	6.10	8.8	36.8	0.0333

Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 1.50 m ja suuntaan W—E 1.20 m. Kapein oksisto oli lännen puolella, nim. 0.5 m.

Juuristo on kaivettu esiin kokonaisuudessaan. Pintajuuristo kartoitettiin, paalujuuresta tehtiin piirros, kuva 27.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 3, 5 m j.n.e.) mitattiin 15 juurta, joista tyvestä lähteviä 11. Seuraavan sivun taulukossa tietoja tärkeimmistä.

Tyvilitteys ulottuu vain kahdella juurella 0.5 m:n mittakohtaan, eikä yhdelläkään 1 m:iin asti.

Koko pintajuuriston pituussumma on 73.5 m ja laajuus 46 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 1.6 m juurta. Juuriston keskisyvyydeksi on 67 mittauksen nojalla saatu 9.6 cm. Säännöllisesti mitatun juuriston osan (49.5 m) kuutio on 0.0057 m³. Jos muun osan varalta tehdään lisäys (pitämällä keskimääräisenä läpimittana 3 mm), johdutaan tulokseen 0.0059 m³.

Vertikaalisen juuriston tärkeimpänä osana oli vankka, hiukan viistosti alaspäin suuntautuva paalujuuri, jonka muoto selviää kuvasta 27. Sen paksuus tyvestä, s.o. ylimpien pintajuurten alta oli 80 mm. Juuri ulottui 85 cm:n syvyyteen, jossa hajosi useiksi pikkuhaaroiksi. Lähellä tyveä on kaksi muutakin vankkaa syväjuurta, tyvimitoiltaan 13 × 16 ja 19 × 28 mm. Kumpikin painuu jonkin verran viistosti alaspäin. Toisen paksuus 40 cm:n syvyydellä oli vielä 2 mm, toinen painui ison naapurimännyn juurakon alle, joten sitä ei seurattu loppuun asti. — Hajasyväjuuria on mer-

Koepuu XXX,1. *Sample tree XXX,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	1 a	1 a 1	2	3	4	4 a	5	7
Tyvidiam., mm / *Base diam., mm*	horis. / *horiz.*	56	14	9	42	39	51	7	9	34
	vertik. / *vertic.*	88			74	73	74			33
Diam. 1 m tyvestä, mm / *Diam. at 1 m from the base, mm*		13	9	6	5	13	14	5	4	—
Diam. 3 m tyvestä, mm / *Diam. at 3 m from the base, mm*		9	6	4	—	5	12	4	3	—
Pituus, m / *Length, m*		6.5	8.0	5.5	2.5	6.0	6.5	3.5	4.5	1.0
Keskisyvyys, cm / *Average depth, cm*		4.0	5.8	8.3	9.6	2.7	3.3	26.5	13.9	45.3

kitty vain yksi, joka 35 cm:n syvyydellä oli vielä 4 mm:n vahvuinen. — Syväjuuriston kuutiomäärä, kannon alus mukaan luettuna, on 0.0019 m³.

Edellisen nojalla saadaan maanalaisen osan kuutioksi 0.0078 m³, mikä rungon kuutiomäärästä on 23.4 %.

Kuolleita juuren päitä on tavattu kaksi, toisen kärki oli kuollutta 4 cm:n, toisen 10 cm:n pituudelta.

Katkeamia on sattunut metsikön tiheyden takia runsaanlaisesti. Merkittävimmät ovat: kaksi 6 mm:n, yksi 4 mm:n ja yksi 3 mm:n. Vertaamalla muihin saman puun juuriin on arvioitu, että pintajuuriston kokonaispituus katkeamien takia on vähentynyt 9 m:llä. — Eräiden syväjuurten kaivuun keskeytymisestä on jo edellä ollut puhe.

KOEALA XXXI.

Paikka: Oriveden pitäjä, Hirvikankaan tila, pellon reunus lähellä taloa. Kaivuuaika: Lokakuun keskivaiheet v. 1925.

Metsikkö: Harvahko, hyväkasvuinen männyn taimisto, jonka enimmät yksilöt ovat alle 2 m:n mittaisia. Taimiston seassa tavataan myös jonkin verran koivun ja harmaanlepän vesoja sekä katajaa.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201. Leiman antavana huomattakoon runsaanlaisen kanervan varvuston alla ja seassa verraten rikas heinä- ja ruohokasvillisuus.

Metsätyyppi: Puolukkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humuksen vahvuus n. 5 cm, sen alla tuhkan väristä, mullaksen sekaista uuttunutta hiekkaa n. 6 cm. Seuraava kerros on kirkkaan ruskeaa, ruosteista, melko karkeaa hiekkaa, jonka joukossa kuitenkin on myös hienoa ainesta. Vielä tavataan hiekassa harvakseen pieniä 0.5—2 cm:n läpimittaisia kiviä. — Maa on tasaista.

Juuristojen selvittäminen: Vain yhden puun juuristo oli käsiteltävänä. Kartoitus tapahtui käyttämällä 1 m²:n ruutuja. Alkuperäinen kartta piirrettiin mittakaavaan 1 : 20.

Koepuu n:o 1, mänty, rehevä, häiriintymättä kasvava taimi. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	6 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 6 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXXI,1 Mänty *Pine*	14	1.95	0.37	1.3	23.8	0.00107

Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 1.05 m ja suuntaan W—E 0.80 m. Kapein oksisto (40 cm) oli luoteen puolella. Viimeiset 6 vuosikasvainta olivat kaikki yli 10 cm:n pituisia, sitä ennen heikompia.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1.5, 2.5 m j.n.e.) mitattiin 9 pintajuurta, jotka yhtä lukuun ottamatta olivat puun tyvestä lähteviä. Seuraavassa eräitä tietoja tärkeimmistä.

Koepuu XXXI,1. *Sample tree XXXI,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	18	18	15	9	5	24	12
	vertik. *vertic.*	25	24	22	12		21	
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		7	5	4	4	4	9	1.5
Diam. 2.5 m tyvestä, mm *Diam. at 2.5 m from the base, mm*		3	1.5	2	2	2	4	—
Pituus, m *Length, m*		3.5	2.5	4.0	3.5	4.0	4.5	0.5
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		4.0	2.3	2.8	2.6	4.2	6.0	14.0

Pintajuuriston yhteinen pituus on 34.0 m ja laajuus 26 m², joten 1 m²:ä kohti tulee 1.3 m juurta. Juuriston keskisyvyys on 43 mittauksen nojalla 4.2 cm. Säännölli-

sesti mitatun juuriston osan pituus on 26 m ja sen kuutiomääräksi on saatu 0.00060 m³. Mittaamaton osa on siksi ohutta, ettei sen kuutiota voida ottaa huomioon. — Juurten kulkusuunta on yleensä merkille pantavan suora.

Paalujuurta ei ole. Näyttää siltä, että vankin pintajuuri on entinen, sivulle päin kääntynyt paalujuuri. Sen alta, aivan läheltä runkoa lähtee suoraan alaspäin tyveltään 12 × 13 mm:n vahvuinen juuri, joka ulottuu 25 cm:n syvyyteen. Lisäksi tavataan kolme aivan ohutta hajasyväjuurta, jotka eivät tunkeudu 20 cm:ä syvemmälle. — Syväjuurten ja kannon aluksen yhteinen kuutio on 0.00011 m³.

Edellisen nojalla saadaan koko maanalaisen osan kuutioksi 0.00071 m³, joka rungon kuutiomäärästä on 66.4 %.

Juuristo on erittäin kasvullinen. Useimmat juuret päättyivät valkeaan kärkeen, jonka paksuus saattoi olla aina 3 mm. Valkean osan pituus oli n. 2 ½ cm. Melko pitkälti juuren kärjestä taaksepäin on juuri verraten vahva — läpimitta voi olla jopa 4 mm — ohentuakseen jälleen 1 tai 1.5 mm:iin. Paksun osan pituus saattoi nousta 26 cm:iin. Nähtävästi on kyseessä saman vuoden kasvain. — Yhden juuren pää oli 4 cm:n pituudelta laho.

KOEALA XXXII.

Paikka: Koeala sijaitsi Oriveden pitäjässä kirkkoherran virkatalon maalla, lähellä sanottua virkataloa, maantien varressa olevan sorakuopan reunalla. Kangasta, joka koealan kohdalla on harjumainen, sanotaan Pappilan kankaaksi. Kaivuuaika: Syyskuun loppupuoli v. 1926.

Metsikkö: Kasvuisa, nuori männikkö; ryhmät hyvin tiheitä, välillä pienehköjä aukkoja; sekapuuna 5—10 % kuusta.

Kasvipeite: Viitataan taulukkoon sivuilla 198—201. Leiman antavana yhtenäisen seinäsammalpeitteen ohella harvahko puolukan ja kanervan varvusto sekä siroteltuina esiintyvät jäkälät.

Metsätyyppi: Puolukkatyyppi.

Maaperä ja maasto: Humusta 2—4 cm, sen alla valkomaakerros 10—20 cm:n vahvuinen, paikoin kokonaan puuttuva. Seuraa ruskea 25 cm:n paksuinen kerros. Kummassakin viimeksi mainitussa kerroksessa on hyvin runsaasti pyöristyneitä kiviä, nyrkin kokoisista miehen pään kokoisiin. Myös pikkukiviä on, mutta ei vallan runsaasti. Sen sijaan on niitä hyvin runsaasti seuraavassa harmaan värisessä, jonkin verran iskostuneessa kerroksessa, jossa lisäksi on runsaasti isojakin kiviä. Kyseessä oleva maalaji on, kuten kuvauksesta voi päättää, tyypillistä someroa. Koealan seutu onkin Oriveden—Ruoveden—Virtain harjujakson ensimmäisiä katkonaisia osia. Verrattakoon SAURAMOn laatimaa Tampereen seudun maalajikartan selitystä. Maalajikartalle Pappilan kangasta kuitenkaan ei ole merkitty harjun (vierinsoran) värillä. Koeala on arviolta toistakymmentä metriä alla kulkevan maantien ja läheisten peltojen tasoa ylempänä. Tutkittujen puiden kasvupaikka oli jotakuinkin tasainen.

Juuristojen selvittäminen: Käsittelyn alaisena oli kolme puuta. Yhdenkään juuristoa ei kuitenkaan täydelleen selvitetty.

Koepuu n:o 1, mänty, hyväkasvuinen, mutta hoikka valtapuu. Muita tietoja seuraavan sivun ensimmäisessä taulukossa.

Puu kasvoi sorakuopan reunalla siten, että etelän puoleiset juuret olivat tulleet katkaistuiksi. Puu ei tästä näyttänyt suuresti kärsineen. Kuitenkin oli v:n 1926 kas-

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Height, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1,3 m height, cm*	9 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu cm *Average ann. height increment of the last 9 years, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*
XXXII,1 Mänty *Pine*	21	6.06	2.10	6.8	44.0	0.0133

vain vain 35 cm, mikä on vähän edellisiin verrattuna. Idän puolella olivat naapuripuut lähellä (60—90 cm), muilla tahoilla kauempana. Latvuksen leveys suuntaan N—S oli 1 m ja suuntaan W—E 1.20 m.

Juuristoa ei voitu edellisestä johtuen kokonaan selvittää. Huomattavimpia juuria kaivettiin kuitenkin suurelta osaltaan esille, eräs kokonaankin. Seuraavassa taulukossa eräitä tietoja niistä.

Koepuu XXXII,1. *Sample tree XXXII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	37	32	17	12	21	25
	vertik. *vertic.*	51	45		22	27	40
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0,5 m from the base, mm*		9	8	4	. .	6	9
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*		7	7	2	.	.	5
Pituus, m *Length, m*		.	2.5	1.5	.	.	-
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		14.7	3.6	7.0	7.0	16.5	21.7

Vain pari juurta on kaivettu päähän asti. Juurten n:ot 1 ja 6 mittaus päättyy 1 m:iin, juuren n:o 5 0.5 m:iin ja juuresta n:o 4 on vain tyvimitat otettu. Voidaan kuitenkin päättää, että juuret yleensä olivat lyhyitä. Useimmat juuret suuntautuivat länteen päin (vrt. kuvaa 60).

Pintajuuriston kokonaispituutta ei voida määrätä. Seitsemäntoista syvyysmittauksen keskiarvo on 11.1 cm. Jos eri juurien keskisyvyydet punnitaan vahvuuksilla, on tuloksena 12.3 cm. Kuutiomääräksi saadaan osittain arvioimalla 0.0013 m³.

Puulla on vankka paalujuuri, joka aluksi suuntautuu suoraan alaspäin, mutta kääntyy sitten viistoon sivulle (vrt. kuvaa 60). Juuren paksuus tyvestä, ylimpien pinta-

juurien alta on 62 × 67 mm. Vertikaalinen ulottuvaisuus on 37 cm. Paalujuuren ja kannon aluksen yhteinen kuutio on 0.0007 m^3.

Edellisen nojalla on koko maanalaisen osan kuutiomäärä 0.0020 m^3, joka rungon kuutiosta tekee 15.0 %.

Koepuu n:o 2, mänty, rehevä, hyväkasvuinen valtapuu, kasvoi n. 10 m:n etäisyydellä sorakuopan reunasta. Muita tietoja seuraavassa.

Koealan ja koepuun n:o, puulaji *No. of sample plot and sample tree, species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Pituus, m *Length, m*	Rungon oksaton osa, m *The branchless part of the stem, m*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	10 viime v:n keskim. vuot. pituuskasvu, cm *Average ann. height increment of the last 10 years, cm*	Kuutio, m^3 *Volume, cbm.*
XXXII,2 Mänty *Pine*	21	6.50	1.60	7.6	43.8	0.0181

Latvus ulottuu suuntaan N 90 cm, suuntaan W 85 cm ja suuntiin S ja E 1 m:n. NW:hen päin yltää oksisto vain 75 cm. Tällä suunnalla on lähin naapuri, nim. 1 m:n päässä, muut lähimmät puut ovat suunnassa WSW ja SSW 1.10 ja 1.35 m:n etäisyydellä.

Juuristo kaivettiin esiin suurimmalta osaltaan, kaikkia juuria ei kuitenkaan seurattu päähän asti. Pintajuuristo kartoitettiin ja juurakosta otettiin valokuva, kuva 61.

Säännöllisin välein (tyvi, 0.5, 1, 2, 3 m j.n.e.) mitattiin 5 pintajuurta, joista tietoja seuraavassa taulukossa.

Koepuu XXXII,2. *Sample tree XXXII,2.*

Juuren mitat *Measurements of root* / Juuren n:o *No. of root*		1	2	3	4	5
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	38	12	50	30	32
	vertik. *vertic.*	35	13	59	50	37
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0.5 m from the base, mm*		14	4	21	10	20
Diam. 2 m tyvestä, mm *Diam. at 2 m from the base, mm*		3	.	3	4	.
Pituus, m *Length, m*		3.0	.	2.5	3.5	.
Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*		7.6	13.5	8.8	13.0	28.5

Juuren n:o 2 ja n:o 5 kaivuu on keskeytetty, edellisen 0.5 m:n kohdalla, jälkimmäisen 1 m:n etäisyydellä. Suoritetun selvityksen nojalla voidaan päättää, että juuret ovat yleensä lyhyitä.

Osittain arvioiden on pintajuuriston kokonaispituudeksi saatu 27.0 m ja laajuudeksi 15 m², jonka mukaan 1 m²:ä kohti tulisi 1.8 m juurta. Suoritetun 18 syvyysmittauksen yksinkertainen keskiarvo on 12.3 cm. Punnitsemalla juurten keskisyvyydet niiden vahvuuksilla saadaan hieman suurempi arvo, nim. 13.6 cm. Pintajuuriston kuutiomääräksi on käyttäen osittain arviota apuna saatu 0.0022 m³.

Puulla on vankka paalujuuri, joka alimman vaakasuoran juuren siitä erittyä kapenee nopeasti ja haaraantuu. Suurin saavutettu syvyys on 44 cm. Juuren muoto selviää kuvasta 61. Paalujuuren kuutio, kannon alus mukaan luettuna, on 0.0015 m³.

Edellisen nojalla saadaan koko maanalaisen osan kuutioksi 0.0037 m³, mikä rungon kuutiomäärästä on 20.4 %.

K o e p u u n:o 3, mänty, jonka tyviläpimitta on 7.0 cm. Puu oli sorakuopan reunan lohjetessa sortunut maan mukana. Sen juuristo puhdistettiin ja valokuvattiin, kuva 60. Juuriston syvyysulottuvaisuus oli 62 cm.

KOEALA XXXIII.

P a i k k a : Koeala sijaitsee Teiskon pitäjässä, Pehunaution valtionpuistossa, lähellä Ukojärveä. A i k a : Syyskuu v. 1926.

M e t s i k k ö : Harvanlainen solakka männikkö, seassa vähän koivua, alikasvoksena siellä täällä kuusta ja harmaataleppää.

K a s v i p e i t e : Sammalpeitteen muodostavat *Hylocomium proliferum* ja *parietinum.* Mustikan ja puolukan varvusto runsaanlainen, aukoissa hiukan kanervaa. Ruohoja ja heiniä runsaasti.

M e t s ä t y y p p i : Mustikkatyyppi.

Koepuu XXXIII,1. *Sample tree XXXIII,1.*

Juuren mitat / *Measurements of root* — Juuren n:o / *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tyvidiam., mm *Base diam., mm*	horis. *horiz.*	137	145	90	92	90	150	185	90	40	76
	vertik. *vertic.*	262	240	170	180	120	175	290	100	80	128
Diam. 0.5 m tyvestä, mm *Diam. at 0.5 m from the base, mm*	horis. *horiz.*	118	64	76	72	50	87	.	72	41	48
	vertik. *vertic.*	146	93		120	65	98	.	75	55	54
Diam. 1 m tyvestä, mm *Diam. at 1 m from the base, mm*	horis. *horiz.*	66	53	34	.	.	58	.	.	.	.
	vertik. *vertic.*	84	82	.	.	.	60	.	.	.	.
Syvyys tyven kohdalta, cm *Depth at the base, cm*		21	5	8	25	11	55	10	46	45	50

Maaperä ja maasto: Maaperä on hyvin kivistä moreenia. Maanpinnallakin runsaasti suuria, sammalen peittämiä kiviä. N. 1 1/2 m:n syvyydellä näyttää olevan hienoa, saven sekaista maata (sitä oli tarttunut tutkitun puun alimpiin juuriin). Maa vietti loivasti etelää kohti.

Juuristojen selvittäminen: Vain yhden, tuulen kaataman puun juurakkoa selviteltiin.

Koepuu n:o 1, mänty, tuulen kesällä v. 1925 kaatama valtapuu, jonka ikä (kannolta) oli 71 vuotta ja tyviläpimitta 45 × 42 cm.

Juurakko puhdistettiin maasta, väännettiin pystyyn ja valokuvattiin (kuva 62). Tärkeimmistä vaakasuorista juurista otettiin eräitä mittoja, jotka nähdään edellisen sivun taulukossa.

Huomiota on omiaan herättämään vaakasuoran juuriston melkoinen syvyys.

Paalujuuren muoto selviää hyvin kuvasta 62. Läpimitta tyvestä, s.o. kuvassa vasempaan lähtevän paksun juuren alta, oli 200 × 256 mm. Alimmat haarat saavuttivat 1.40 m:n syvyyden. Paitsi paalujuurta nähdään kuvassa pari muuta vankkaa keskussyväjuurta.

MUUTA AINEISTOA.

1. Pienet taimet. Seuraavien koealojen piiristä tai lähettyviltä kaivettiin juurineen joukko pieniä männyn taimia, jotka kuivattiin kuten herbaariokasvit: XI, XII, XIII, XIV, XV, XXI, XXIII, XXVI, XXVII, XXX. Tämän lisäksi otettiin vielä pikku taimia Hämeenkankaan puuttomalta osalta läheltä koealaa XXVI. Kuivattaessa koetettiin juuret asettaa luonnollisiin asentoihinsa, mikä niiden pituuden tähden ei kuitenkaan aina käynyt päinsä. Melkoisesta osasta kuivattuja taimia otettiin valokuvat, joita esittävät kuvat 64—74.

2. Juuristoa koskevia havaintoja Oulunkylästä. Maaperä on lihavaa, mutta hyvin kivistä moreenia, metsikkö puiston tapaista osaksi tukkipuun koon saavuttanutta sekametsää; kasvupaikka käenkaalimustikkatyyppiä.

Ensimmäinen havainto koskee kahta lähekkäin kasvanutta kuusta, joiden juurakoita esittää kuva 63. Isompi puu oli tyvestään kuoren alta 18 cm, pienempi 14 × 16 cm. Huomattakoon lujat yhteenkasvettumat. Mainittakoon vielä, että puilla oli verraten voimakkaat syväjuuret, mikä teki kantojen ylös vääntämisen hyvin työlääks .

Toinen havainto koskee mainittujen kuusten lähellä kasvanutta koivua, jonka läpimitta rinnantasalta oli n. 15 cm. Puulla oli paljon syvällä kulkevia sekä horisontaalisia että vertikaalisia juuria, mikä suuresti vaikeutti kannon poistamista. Varsinaisia mittauksia ei tehty, mutta yli 0.5 m:n syvyyteen ulottuivat varmuudella monet juuret.

Kolmas havainto koskee edellistä jonkin verran suurempaa koivua (läpim. rinnantasalta 19 cm). Poistamalla hiukan maata puun tyveltä voitiin havaita, että osa juurista lähti kulkemaan lähellä pintaa, osa taas painui syvempään. Erästä vankkaa juurta seurattiin kahden metrin päähän tyvestä, jolloin todettiin, että sen syvyys pitkin matkaa oli enintään 5 cm ja että vahvuus 2 m:n etäisyydellä oli vielä 10 mm:n vaiheilla.

3. Havaintoja rämemäntyjen juuristoista on tehty useista tuulenkaadoista valtionmailla m.m. Pielisjärvellä ja Teiskossa. Turpeet irroitettiin

Koealojen kasvipeiteluettelo. — *List*

Koealan n:o — *No. of sample plot*	Metsätyyppi — *Forest type*	Metsikön ikä — *Age of the stand*	Sammalet — *Mosses*											Jäkälät — *Lichen*						
			Hylocomium parietinum	*H. proliferum*	*H. triquetrum*	*Ptilium crista castrensis*	*Dicranum undulatum*	*D. sp.*	*Polytrichum commune*	*P. juniperinum*	*P. piliferum*	*Bryum roseum*	*Sphagnum sp.*	*Cladina rangiferina*	*C. silvatica*	*C. alpestris*	*Cladonia sp.*	*Stereocaulon paschale*	*Cetraria islandica*	*Peltidea aphthosa*
I	CT	25	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6		—	3	—	—	—
II	CT	40	1	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	8		—	2	—	—	—
III	CT	150	3	—	—	—	2	1	—	—	2	—	—	8		—	4	—	—	—
IV	VT	85	7	2	—	4	4	—	2	—	—	—	—	(3)		—	—	—	—	2
V	VT	95	8	2	—	3	6	—	—	—	—	—	—	(6)		(3)	—	—	—	—
VI	MT	45	4	4	2	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
VII	CT	130	—	—	—	—	1	—	—	—	4	—	—	8		—	3	1	—	—
VIII	VT	37	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3		—	—	—	—	—
IX	MT	70	5	4	2	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X [1]																				
XI	VT	110	8	1	—	1	4	—	—	—	—	—	—	4		—	—	—	2	—
XII	OMT	15	2	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XIII	CT	135	1	—	—	—	1	—	—	—	4	—	—	5		—	2	2	—	—
XIV	CT	200	1	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	7		—	2	—	—	—
XV	MT	50	6	7	—	—	1	—	—	3	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
XVI	VT	80	7	—	—	—	1	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
XVII	VT	80	8	(2)	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
XVIII	OT	40	2	2	3	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
XIX	OMT	65	4	4	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XX	CT	60	7	3	—	2	2	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
XXI	MT	30	4	2	—	—	—	2	5	4	—	—	5	—	—	—	1	—	—	—
XXII	MT	70	5	2	1	1	—	2	3	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
XXIII	VT	50	6	3	—	1	2	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXIV [1]																				
XXV	OMT	35	4	2	3	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXVI	CT	35	2	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	3	4	—	3	1	—	1
XXVII	CT	50	2	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	7		—	2	—	—	—
XXVIII [2]		100	2	—	—	—	—	—	—	2	—	—	8	2		—	—	—	—	—
XXIX [2]		35	2	—	—	—	—	—	—	3	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—
XXX	VT	37	3	1	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXXI	VT	15	3	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	(2)		—	—	—	—	—
XXXII	VT	20	7	—	—	—	5	—	—	3	—	—	—	3		—	2	—	—	—
XXXIII [1]																				

[1]) Tarkkaa kasvipeiteluetteloa ei ole laadittu. — *An exact list of surface vegetation has not been made.*

[2]) Niittyvillarämeitä. — *Cottongrass-moors.*

of surface vegetation of sample plots.

Ruohot — *Herbs*																											
Phegopteris dryopteris	*Polystichum filix mas*	*P. spinulosum*	*Lycopodium selago*	*L. annotinum*	*L. clavatum*	*L. complanatum*	*Convallaria majalis*	*Majanthemum bifolium*	*Paris quadrifolius*	*Orchis maculatus*	*Listera ovata*	*Goodyera repens*	*Stellaria graminea*	*Anemone nemorosa*	*Hepatica triloba*	*Ranunculus acer*	*Rubus arcticus*	*R. saxatilis*	*R. chamaemorus*	*Fragaria vesca*	*Potentilla tormentilla*	*Lathyrus pratensis*	*L. vernus*	*Vicia sepium*	*V. cracca*	*Geranium silvaticum*	*Oxalis acetosella*
—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	2	—	—	—	2	—	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	3	—	3	—	—	—	2	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	2	1	—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	—	—	1	—	4	—	2	—	—	—	—	—	3	3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	4	1
—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	4	5	4	—	2	—	—	—	5	1	—	4	—	2	—	1	4	—	1	4	5
—	—	1	—	1	—	—	—	4	—	—	—	1	—	—	1	1	—	3	—	2	—	—	—	1	—	3	3
—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
4	1	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2
—	—	—	—	—	—	1	(1)	—	—	—	—	—	—	—	(1)	—	—	—	—	2	—	—	—	(1)	—	(2)	—
3	—	1	—	1	—	—	1	3	—	—	—	—	—	3	1	1	1	4	—	2	1	—	—	—	—	1	6
—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	3	—	—	—	—	2	—
—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Koealojen kasvipeiteluettelo. — *List*

Jatkoa. — *Continued.*

Koealan n:o — *No. of sample plot*	Ruohot — *Herbs*																											
	Viola palustris	*V. canina*	*V. Riviniana*	*Hypericum quadrangulum*	*Epilobium angustifolium*	*Angelica silvestris*	*Pirola uniflora*	*P. minor*	*P. secunda*	*P. chlorantha*	*P. rotundifolia*	*Trientalis europaea*	*Thymus serpyllum*	*Brunella vulgaris*	*Veronica chamaedrys*	*V. officinalis*	*Euphrasia officinalis*	*Rhinanthus major*	*Melampyrum pratense*	*M. silvaticum*	*Galium palustre*	*Linnaea borealis*	*Cirsium heterophyllum*	*Solidago virgaurea*	*Antennaria dioeca*	*Achillea millefolium*	*Chrysanthemum leucanth.*	*Hieracium sp.*
I	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
VII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—
IX	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	2	—	—	3
X																												
XI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
XII	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	—	1	—	3	1	—	—	2	—	—	—	3	2	—	1	4
XIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XIV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	3	—	2	2	1	—	3
XVI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
XVII	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—
XVIII	—	1	—	—	—	4	—	—	2	—	—	3	—	1	2	2	—	—	3	4	1	1	3	1	—	1	—	—
XIX	—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—	2	—	—	—	1	—	—	2	—	—	4	—	2	2	—	—	1
XX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(1)	—	—	—	—	—	—	2	—	—	(2)	—	—	—	—	—	—
XXI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXII	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXIII	—	(2)	—	—	—	—	(1)	—	—	—	—	(2)	—	—	—	—	—	—	3	—	—	4	—	1	—	—	—	—
XXIV																												
XXV	—	2	—	1	1	—	—	1	3	—	2	2	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	1
XXVI	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—
XXVII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXVIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXIX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
XXXI	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2	2	2	—	—	—	—	2	4	2	2	2
XXXII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XXXIII																												

of surface vegetation of sample plots.

Heinät — *Grasses*							Varvut — *Dwarf-shrubs*									Pensaat ja puun taimet *Bushes and tree seedlings*										
Agrostis vulgaris	*Calamagrostis arundinacea*	*Aera flexuosa*	*Festuca ovina*	*Melica nutans*	*Eriophorum vaginatum*	*Luzula pilosa*	*Empetrum nigrum*	*Ledum palustre*	*Arctostaphylus uva ursi*	*Andromeda polifolia*	*Vaccinium myrtillus*	*V. uliginosum*	*V. vitis idaea*	*V. oxycoccus*	*Calluna vulgaris*	*Picea excelsa*	*Pinus silvestris*	*Juniperus communis*	*Populus tremula*	*Salix sp.*	*Betula verrucosa, B. odorata*	*B. nana*	*Alnus incana*	*Rubus idaeus*	*Pirus aucuparia*	*Daphne mezereum*
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	7	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	2	—	3	—	—	—	3	—	7	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	1	—	6	—	5	—	4	—	—	1	—	—	—	—	—	—
	3	3		—	—	1	2	2	—	—	4	1	7	—	5	2	2	2	1	—	—	—	—	—	1	—
—	—	—	—	—	—	1	3	(2)	—	—	4	1	8	—	5	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—
3	3	4	3	—	—	2	—	—	—	—	4	1	4	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	—	—	—	3	—	7	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	5	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	3	3	—	—	—	—	1	—	—	—	6	—	2	—	—	—	—	2	2	2	—	—	2	—	2	—
—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	7	—	6	—	7	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
3	7	—	—	2	—	2	—	—	1	—	5	—	5	—	4	—	1	3	1	3	2	—	2	3	2	—
—	—	—	—	—	—	—	3	—	2	—	2	—	3	—	7	—	3	—	4	2	2	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	6	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	3	—	3	—	—	1	1	—	—	—	6	—	6	—	1	2	2	4	—	—	—	—	—	—	2	—
—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	4	—	5	—	4	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	3	3	—	—	4	—	6	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	6	3	2	1	—	—	—	—	—	—	2	—	2	—	—	—	—	3	—	—	—	—	2	—	2	—
—	2	—	5	—	—	2	—	—	—	—	4	—	5	—	—	—	—	3	—	—	2	—	—	—	2	—
—	2	—	1	—	—	2	—	—	—	—	3	—	5	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2	3	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
2	2	2	4	—	—	3	—	—	—	—	5	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3	2	3	—	—	2	—	—	—	—	3	—	6	—	4	2	2	5	—	—	—	—	—	—	3	(1)
—	1	4	4	—	—	2	—	—	—	—	2	—	5	—	—	—	—	2	—	—	2	—	2	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	3	—	7	—	3	—	2	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	6	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	4	—	3	3	—	3	—	—	—	3	—	—	2	—	—	—	—	3	—	—	—	—
—	—	—	—	—	5	—	3	5	—	4	—	4	4	3	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—
—	4	6	—	—	—	3	—	—	—	—	3	—	5	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5	—	5	—	—	2	—	—	—	—	—	—	3	—	4	—	—	2	—	—	3	—	3	—	—	—
—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	5	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—

Koepuiden mittaustuloksia. — *Results of the measurements of sample trees.*

Koeala — *Sample plot*		Koepuu — *Sample tree*						Pintajuuristo — *Horizontal root system*						Syväjuuristo — *Vertical root system*		Koko juuriston kuutio — *Total volume of root system*		Huomautuksia — *Remarks*
n:o — *no.*	Metsätyyppi — *Forest type*	n:o — *no.*	Puulaji — *Species of tree*	Ikä, v. — *Age, years*	Diam. 1.3 m kork., cm — *Diam. at 1.3 m height, cm*	Pituus, m — *Height, m*	Rungon kuutio, m³ — *Volume of stem, cbm.*	Yhteispituus, m — *Total length, m*	Pisin juuri, m — *Longest root, m*	Laajuus, m² — *Area, sq. metres*	Tiheys (juurta m²:ä kohti, m) — *Density (length of root per sq. metre, m)*	Keskisyvyys, cm — *Average depth, cm*	Kuutio, m³ — *Volume, cbm.*	Kuutio, m³ — *Volume, cbm.*	Suurin syvyys, cm — *Maximum depth, cm*	m³ — *cbm.*	% rungon kuutiosta — *% of volume of stem*	
I	CT	1	Mänty *Pine*	25	2.7	2.82	0.00180	79.0	8.0	60	1.3	*5.0—10.0*	.	.	100	.	.	II, 8, 9: Juuristo vain osittain kaivettu. — *The root system dug only partially.*
II	CT	1	»	41	9.0	7.00	0.0236	214.0	12.5	134	1.6	7.2	0.0135	0.0010	—	0.0145	61.4	
»	»	2	»	40	14.5	8.30	0.0603	208.0	13.5	129	1.6	9.8	0.0209	0.0061	219	0.0270	44.8	
»	»	3	»	40	7.5	5.90	0.0139	78.0	9.0	51	1.5	6.5	0.0059	0.0011	—	0.0070	48.9	
»	»	4	»	42	10.3	6.35	0.0242	133.0	11.0	84	1.5	7.9	0.0048	0.0013	55	0.0061	25.2	
»	»	5	»	22	2.3	2.70	.	28.0	5.5	22	1.3	10.0	.	.	15	.	.	
»	»	7	»	42	10.0	6.50	0.0269	180.0	9.0	90	2.0	5.6	0.0071	0.0034	195	0.0105	37.5	
»	»	8	»	44	4.5	3.90	.	.	9.0	.	.	3.7	.	.	220	.	.	
»	»	9	»	42	4.5	3.10	.	.	12.0	.	.	2.7	.	.	.	.	.	
»	»	10	»	22	—	0.95	.	11.5	4.0	.	.	8.2	.	.	45	.	.	
»	»	11	»	37	—	1.13	.	16.5	5.0	.	.	10.0	.	.	30	.	.	
III	CT	1	»	149	25.4	17.50	0.4677	(280.0)	11.5	(130)	2.1	10.5	(0.0800)	0.0325	315	(0.1100)	(23.5)	III, 1: N. 1/3 pintajuuristoa kaivamatta. — *About 1/3 of the horiz. root system not dug.*
IV	VT	1	»	81	8.0	9.70	0.0252	44.5	7.5	32	1.4	4.0	0.0067	0.0008	—	0.0075	29.8	
»	»	2	»	87	12.8	13.50	0.0852	83.0	9.0	48	1.7	7.5	0.0097	0.0040	90	0.0137	16.1	
»	»	3	»	82	10.0	13.40	0.0573	56.0	9.5	39	1.4	8.1	0.0099	0.0030	75	0.0129	22.5	
V	VT	1	»	92	18.5	15.30	0.1963	90.0	7.0	47	1.9	6.3	0.0241	0.0116	75	0.0357	18.2	VI, 6, 7: Kaivuu suoritettu pääpiirtein. — *Only the main roots dug.*
VI	MT	1	»	43	(17.0)	9.50	(0.1400)	190.0	11.5	115	1.6	8.7	0.0578	0.0052	—	0.0630	45.0	
»	»	5	»	40	(14.0)	12.85	.	.	.	.	.	13.5	.	.	.	.	.	
»	»	6	Kuusi *Spruce*	30	3.4	2.40	.	13.0	4.0	12	.	.	.	.	.	.	.	VII, 1: N. 1/4 pintajuuristoa kaivettu. — *About 1/4 of the horiz. root system dug.*
»	»	7	»	30	2.0	1.66	.	12.0	2.0	10	.	.	.	.	.	.	.	
VII	CT	1	Mänty *Pine*	135	36.8	15.00	(0.7000)	(1300.0)	23.5	.	.	8.9	(0.5600)	.	.	.	.	
VIII	VT	1	»	38	15.7	10.95	0.1120	.	12.0	.	.	*21.5*	.	.	100	.	.	VIII, 1, 2: Pintajuurista vain eräitä täydelleen kaivettu. — *Of the horiz. roots only some dug wholly.*
»	»	2	»	37	12.6	10.80	0.0740	.	10.5	.	.	*16.8*	.	.	80	.	.	
»	»	3	Kuusi *Spruce*	37	—	0.95	.	30.0	3.0	15	2.0	.	.	.	—	.	.	

VIII	VT	4	Kuusi *Spruce*	37	4.9	3.75	.	.	13.5	.	.	6.4	.	.	.	.	.	VIII, 4: Pintajuurista vain eräitä täydelleen kaivettu. — *Of the horiz. roots only some dug wholly.*
IX	MT	1	Mänty *Pine*	70	23.0	20.30	0.3724	.	14.0	.	.	22.1	.	.	115	.	.	
»	»	2	Koivu *Birch*	53	5.9	8.50	0.0115	.	5.5	.	.	15.5	.	.	.	.	.	IX, 1, 2, 3: Pintajuurista vain eräitä täydelleen kaivettu. — *Of the horiz. roots only some dug wholly.*
»	»	3	Kuusi *Spruce*	68	9.2	9.80	0.0406	.	10.0	.	.	12.4	.	.	.	.	.	
»	»	4	»	59	.	3.40	.	54.0	5.5	20	2.7	2.0—8.0	.	.	—	.	.	
»	»	5	»	61	.	5.50	.	48.0	5.0	30	1.6	.	.	.	—	.	.	
XI	VT	1	Mänty *Pine*	107	22.0	19.00	0.3840	264.5	11.0	86	3.1	9.8	0.0429	0.0211	100	0.0640	16.7	XI, 8, 10: Täydelleen kaivettu vain eräitä pintajuuria. — *Only some of the horiz. roots dug wholly.*
»	»	2	Kuusi *Spruce*	80	7.0	5.15	0.0114	138.0	9.5	56	2.5	4.5	.	.	—	.	.	
»	»	3	»	77	1.6	1.82	0.00115	28.0	8.5	30	0.9	3.0	.	.	35	.	.	
»	»	4	»	75	1.2	1.65	.	17.0	4.5	15	1.5	.	.	.	30	.	.	
»	»	5	»	63	—	1.00	.	6.5	1.0	3	2.2	.	.	.	—	.	.	
»	»	8	Koivu *Birch*	100	5—10	9.00	.	.	21.0	.	.	13.7	.	.	.	.	.	
»	»	10	Mänty *Pine*	91	7.5	7.95	.	.	5.0	.	.	9.0	.	.	.	.	.	
XII	OMT	1	»	16	7.7	5.70	0.0156	57.0	5.5	43	1.3	25.1	0.0043	0.0021	132	0.0061	39.1	
»	»	2	»	13	2.8	2.40	0.00129	13.5	3.0	13	1.0	11.6	0.00022	0.00011	45	0.00033	25.6	
XIII	CT	1	»	185	25.5	13.70	0.4090	(525.0)	13.5	(200)	2.6	14.3	(0.0860)	0.0709	95	(0.1369)	(33.5)	XIII, 1: $^1/_3$—$^1/_2$ pintajuuristoa kaivamatta. — *$^1/_3$—$^1/_2$ of the horiz. root system not dug.*
»	»	2	»	54	15.2	9.25	0.0767	168.5	11.0	91	1.9	15.3	0.0238	0.0133	73	0.0371	48.4	
»	»	3	»	30	1.9	2.00	0.00116	16.0	5.0	13	1.2	12.0	0.00036	0.00011	35	0.00047	40.5	
»	»	4	»	.	2.7	2.16	0.00189	22.5	3.0	14	1.6	9.3	0.00052	0.00018	21	0.00070	37.0	
XIV	CT	1	»	250	57.0	17.50	.	(1350.0)	19.5	(575)	2.3	10.4	.	.	.	.	.	XIV, 1: Täydelleen kaivettu n. $^1/_2$ pintajuuristosta. — *About $^1/_2$ of the horiz. root system dug wholly.*
XV	MT	1	»	52	22.2	17.90	0.3437	436.0	17.0	179	2.4	15.3	0.0518	0.0223	220	0.0741	21.6	
XVI	VT	1	»	80	16.7	14.45	0.1436	70.5	9.0	57	1.2	13.7	0.0249	0.0047	55+	0.0296	20.6	
XVII	VT	1	»	80	15.6	10.80	0.1179	89.0	8.0	53	1.7	12.5	0.0246	0.0085	90+	0.0331	28.1	
XVIII	OT	1	»	40	14.7	12.90	0.1071	117.0	8.0	58	2.0	11.5	0.0199	0.0048	60	0.0247	23.1	XVI, 1; XVII, 1: Kaivuu suoritettu tavallista karkeammin. — *Only the main roots dug.*
»	»	2	Kuusi *Spruce*	34	4.8	4.40	0.00513	67.0	3.5	29	2.3	4.0	0.00177	—	—	0.00177	34.5	
»	»	3	Mänty *Pine*	32	6.2	6.85	0.0105	41.5	5.0	24	1.7	9.8	0.0019	0.0009	60	0.0028	26.7	
XIX	OMT	1	»	64	28.8	21.40	0.7108	286.5	14.5	130	2.2	13.5	0.1190	0.0385	83	0.1575	22.2	
»	»	2	Kuusi *Spruce*	46	10.0	8.15	0.0309	117.5	7.0	64	1.8	5.8	0.0107	0.0038	55	0.0145	46.9	
XX	CT	1	Mänty *Pine*	61	15.4	13.85	0.1319	223.0	11.5	83	2.7	8.8	0.0212	0.0108	87	0.0320	24.3	XX, 4: Varsinaista syväjuuristoa ei ole. — *No actual vertic. root system.*
»	»	2	»	57	7.6	8.15	0.0213	64.0	5.5	30	2.1	11.7	0.0025	0.0029	64	0.0054	25.4	
»	»	4	Koivu *Birch*	60	11.0	12.30	0.0528	216.5	12.0	76	2.8	17.9	0.0160	0.0012	—	0.0172	32.6	
»	»	5	Kuusi *Spruce*	65	4.2	3.68	0.00398	76.0	9.5	42	1.8	4.3	0.00270	0.00013	23	0.00283	71.1	

Koepuiden mittaustuloksia. — *Results of the measurements of sample trees.*

Jatkoa. — *Continued.*

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsätyyppi *Forest type*	Koepuu n:o *no.*	Puulaji *Species of tree*	Ikä, v. *Age, years*	Diam. 1.3 m kork., cm *Diam. at 1.3 m height, cm*	Pituus, m *Height, m*	Rungon kuutio, m³ *Volume of stem, cbm.*	Pintajuuristo — *Horizontal root system*: Yhteispituus, m *Total length, m*	Pisin juuri, m *Longest root, m*	Laajuus, m² *Area, sq. metres*	Tiheys (juurta m²:ä kohti, m) *Density (length of root per sq. metre, m)*	Keskisyvyys, cm *Average depth, cm*	Kuutio, m³ *Volume, cbm.*	Syväjuuristo *Vertical root system*: Kuutio, m³ *Volume, cbm.*	Suurin syvyys, cm *Maximum depth, cm*	Koko juuriston kuutio *Total volume of root system*: m³ *cbm.*	% rungon kuutiosta *% of volume of stem*	Huomautuksia *Remarks*
XXI	MT	1	Mänty *Pine*	30	13.7	8.70	0.0651	251.0	5.0	49	5.1	*12.1*	0.0221	0.0031	55	0.0252	38.7	
»	»	2	»	23	5.8	6.59	0.0110	34.0	4.0	12	2.8	5.2	0.0034	0.0003	—	0.0037	33.6	XXI, 2: Varsinaista syväjuuristoa ei ole. — *No actual vertic. root system.*
XXII	MT	1	»	70	22.4	19.20	0.4434	157.5	7.5	50	3.2	7.8	0.0406	0.0281	82	0.0687	15.5	
»	»	2	Kuusi *Spruce*	52	3.0	2.54	0.00188	46.0	4.5	22	2.1	2.2	0.00113	0.00010	20	0.00123	65.4	
XXIII	VT	1	Mänty *Pine*	50	15.6	14.25	0.1415	201.0	9.5	79	2.5	13.4	0.0230	0.0084	75	0.0414	29.3	
»	»	2	Kuusi *Spruce*	22	—	1.07	0.00030	20.5	3.0	11	1.9	3.1	0.00027	0.00007	50+	0.00034	113.3	
XXV	OMT	1	Mänty *Pine*	35	(16.0)	(10.00)	(0.1500)	88.0+	8.5	59	1.5+	9.6+	0.0211+	.	.	.	.	XXV, 1: Pintajuuristoa ei täydelleen selvitetty, ei myös syväjuuristoa. — *The horiz. root system not wholly dug, nor the vertic. system.*
XXVI	CT	1	»	32	8.6	6.60	0.0200	(260.0)	11.0	(190)	1.4	*5.0—7.0*	(0.0052)	0.0038	81+	(0.0090)	(45.0)	XXVI, 1: N. puolet pintajuuristoa kaivamatta. — *About 1/2 of the horiz. root system not dug.*
XXVII	CT	1	»	27	1.9	2.13	0.00104	30.5	3.5	16	1.9	6.1	0.00064	0.00011	—	0.00075	72.1	
»	»	2	»	40	1.3	1.84	0.00067	21.0	4.5	10	2.1	13.0	0.00052	0.00006	—	0.00058	86.6	
»	»	3	»	36	0.5	1.38	0.00049	19.0	2.5	10	1.9	4.9	0.00021	0.00020	50+	0.00041	83.7	
»	»	4	»	45	6.7	5.00	0.0107	74.5	5.5	29	2.6	6.0	0.0042	0.0006	45	0.0048	44.9	
»	»	5	»	55	2.6	3.28	0.00154	30.0	6.0	16	1.9	7.3	0.00049	0.00024	32	0.00073	47.4	
»	»	6	»	55	6.3	5.17	0.00923	42.5	4.0	16	2.7	10.5	0.00231	0.00051	50	0.00282	30.6	
XXVIII	Räme *Moor*	1	»	98	9.6	6.12	0.0275	66.5	6.0	36	1.8	*10.0—15.0*	0.0103	0.0029	—	0.0132	48.0	
XXIX	Räme *Moor*	1	»	32	5.8	4.15	0.00806	100.5	5.5	40	2.5	*8.5*	0.00687	0.00077	—	0.00764	94.8	
XXX	VT	1	»	37	8.8	9.90	0.0333	73.5	8.0	46	1.6	9.6	0.0059	0.0019	85	0.0078	23.4	
XXXI	VT	1	»	14	1.3	1.95	0.00107	34.0	4.5	26	1.3	4.2	0.00060	0.00011	25	0.00071	66.4	
XXXII	VT	1	»	21	6.8	6.06	0.0133	.	(2.5)	.	.	12.3	(0.0013)	0.0007	37	(0.0020)	15.0	XXXII, 1: Pintajuuristo vain osaksi selvitetty. — *The horiz. root system only partially elucidated.*
»	»	2	»	21	7.6	6.50	0.0181	27.0	3.5	15	1.8	13.6	0.0022	0.0015	44	0.0037	20.4	XXXII, 2: Pintajuuristoa ei aivan täydelleen tutkittu. — *The horiz. root system not quite wholly examined.*

niin, että keskusjuuristo saatiin selvänä näkyviin. Tällöin todettiin, että juuristo altapäin oli sileä, eikä vertikaalisia juuria ollut havaittavissa.

Sivuilla 198—201 esitetään edellä monesti viitattu taulukko, josta selviää eri kasvilajien esiintymisrunsaus koealoilla merkittynä NORRLINin[1] 10-jakoista asteikkoa käyttäen. Numerot 1—2 tarkoittavat hajallaan esiintymistä, 3—4 siroteltuna, 5—7 runsaana ja 8—10 yhtämittaisena esiintymistä. Kun useimmat koealat tutkittiin syksyllä — vain 7 koealaa selvitettiin kokonaan ja 2 osittain ennen syyskuuta — ei kasvipeiteluettelo kaikissa tapauksissa voi olla aivan tarkka useiden kasvien lakastumisen takia. Sanottavaa haittaa ei tästä kuitenkaan liene tutkimukselle koitunut, koskapa metsätyypit joka tapauksessa olivat helposti määrättävissä.

Taulukossa on sulkujen sisään merkitty sellaisten kasvien esiintymisrunsaus, jotka eivät samassa mielessä kuulu varsinaiseen pintakasvillisuuteen kuin muut luetteloon otetut.

Seuraavassa annetaan koealoittain lyhyt selitys mainitunlaisten kasvien esiintymisestä sekä eräistä muistakin kasviston erikoisuuksista, joita ei taulukossa ole saatu ilmi. Koealalla IV esiintyvät *Cladina*t etupäässä kivillä. Koealalla V tavataan jäkäliä vain koealan länsireunalla, jonka lähellä metsä loppuu ja alkaa aukea räme. *Ledum*ia taas on vain koealan itäreunalla pienen korpipainanteen lähettyvillä. Koealalla XI esiintyvät *Cladinat* aukkopaikoissa suurehkoina laikkuina. Koealalla XIV on puolukkaa koepuun latvuksen alla paljon runsaammin (5) kuin muualla. Koealalla XVI enenee mustikan runsaus koepuusta länsiluodetta kohti ja vähenee itäkaakkoon päin. Kanervan laita on päinvastoin. Koealalla XVII on merkittävä sammalpeitteen tuuheus; sammalen korkeus vaihtelee 6—15 cm:iin. *Hylocomium proliferum*ia tavataan vain koealan alareunalla; se tulee sitä yleisemmäksi, mitä alemmas rinnettä mennään. Koealalla XX esiintyy niitä kasveja, joiden runsausmerkki on suluissa, vain eteläreunalla. Kanerva on erikoisen korkeaa, keskim. 30—60 cm, mutta paikoin jopa 75 cm. Koealalla XXIII on niitä kasveja, joiden runsausluku esiintyy sulkumerkeissä, vain länsiosassa. Koealalla XXVII on kasvipeite jonkin verran taulukon luvuista poikkeava siinä tiheässä pikku metsikössä, jossa koepuut n:ot 5 ja 6 kasvoivat. Seinäsammal on täällä runsaampi (7) ja tuuheampi ja jäkälää on vähemmän (2—3); lisäksi tavataan variksenmarjaa (3—4) ja jokin mustikan varpukin löytyy (1). Koealalla XXXI esiintyy jäkäliä vain kivillä ja mättäillä.

Ennen erikoiskäsittelyyn ryhtymistä esitettäköön vielä yhdistelmä niistä koepuista, joiden juuristoa on tutkittu sikäli, että siitä voidaan antaa määrättyjä, luvuilla ilmaistavia tietoja. Paitsi tietoja juuristosta sisältyy yhdistelmätaulukkoon vielä eräitä koepuun maanpäällistä osaa koskevia lukuja; myös ilmoitetaan koealan metsätyyppi. — Kaikki juuristoa koskevat luvut eivät ole sellaisinaan toisiinsa verrattavia, kuten on käynyt ilmi koealaselonteoista. Mikäli mahdollista on tämä koetettu saada näkyviin taulukossa osaksi reunahuomautusten avulla, osaksi merkitsemällä sulkuihin

[1] Verrattakoon esim. CAJANDER: Metsänhoidon perusteet I, siv. 362.

ne luvut, joihin sisältyy arviota. Vielä on erikoisella painatuksella (kursiivilla) merkitty ne pintajuuriston keskisyvyydet, jotka on saatu tavallisuudesta poikkeavalla tavalla. Plus-merkki jonkin luvun jäljessä tarkoittaa, että kyseessä oleva mitta todellisuudessa on jonkin verran ilmoitettua suurempi. — Taulukko on sivuilla 202—204.

Kaikkiaan on koepuita käsitelty 192 kpl., joista 162 mäntyä, 25 kuusta, 4 koivua ja 1 haapa. Tällöin ei ole mukaan luettu lisäaineistoa eikä pieniä taimia. — Kokonaan tai melkoiselta osalta on selvitetty 78 puuyksilön juuristot; näistä oli mäntyjä 58, kuusia 17 ja koivuja 3.

— — —

Edellä esitetyissä yhdistelmissä (sivuilla 198–204) on metsätyypeistä käytetty sovittuja lyhennysmerkkejä samoin kuin eräissä tuonnempana esitettävissä taulukoissa. Merkkien selitys on seuraava:

OT = käenkaalityyppi (*Oxalis*-tyyppi)
OMT = käenkaali-mustikkatyyppi (*Oxalis-Myrtillus*-tyyppi)
MT = mustikkatyyppi (*Myrtillus*-tyyppi)
VT = puolukkatyyppi (*Vaccinium*-tyyppi)
CT = kanervatyyppi (*Calluna*-tyyppi).

Erikoiskäsittely.

Männyn juuriston yleisiä piirteitä.

Useimmissa männyn juuristoa koskettelevissa tutkimuksissa puhutaan sekä vaakasuorista että pystysuorista juurista. Tämä on jo käytännöllisyyden vuoksi tarpeen. Mutta harvat tutkijat ovat järjestelmällisesti tehneet tämän eron ja samalla tarkastelleet, mitä on luettava horisontaaliseen ja mitä vertikaaliseen juuristoon. Kuitenkin on esim. TOLSKI johdonmukaisesti tehnyt mainitun eron, ja siihen johdutaankin ehdottomasti, mikäli tehdään säännöllisesti männyn juuristoa koskevia mittauksia. Niinpä on käsillä olevan tutkimuksenkin aineistoa kerättäessä alusta alkaen erikseen käsitelty horisontaalista ja vertikaalista juuristoa. Se osoittautui välttämättömäksi jo juuriston kuvaamisenkin kannalta. Yleensä ei järjestelmän seuraaminen tuottanutkaan vaikeuksia, sillä juuristojen valtavin osa noudatti suurin piirtein varsin säännöllisesti mainittuja suuntauksia.

Vaakasuoraa juuristoa nimitetään tässä tutkimuksessa myös pintajuuristoksi, koska sen suurin osa yleensä kulkee verraten lähellä maanpintaa. Pystysuoraa juuristoa taas kutsutaan sopivasti myös syväjuuristoksi, se kun kasvaa syvyyttä kohti, joten se enimmältä osaltaan sijaitseekin pintajuuristoa syvemmällä. Vastaavasti käytetään myös nimityksiä pintajuuri ja syväjuuri.

Syväjuuristo voi männyltä eräissä tapauksissa kokonaan puuttua. Pintajuuristo tavataan aina, lukuunottamatta aivan pieniä sirkkataimia.

Syväjuuriston useinkin tärkein osa lähtee puun tyvestä ikäänkuin rungon jatkoksi alaspäin. Milloin tämä juuri suuntautuu pääpiirtein verti-

kaalisesti ja saavuttaa jonkinmoisen mitan (puun kokoon verrattuna) päärangan säilyessä, sanotaan sitä paalujuureksi.

Puun tyvestä tai paalujuuresta lähtevät säteettäisesti pääpintajuuret, joista erkanee horisontaalisia haaroja, 2:sen luokan pintajuuria, ja niistä jälleen vaakasuorasti 3:nnen luokan juuria j.n.e.

Pintajuurista lähtee kuitenkin myös vertikaalisia haaroja, jotka siis ovat luettavat syväjuuriin. Milloin nämä vertikaaliset haarat saavat alkunsa läheltä puun tyveä, 1 -1.5 m:n etäisyydellä siitä, voivat ne olla mitoiltaan varsin huomattavia. Niitä nimitettäköön lähisyväjuuriksi. Yhdessä paalujuuren (tai tyvestä lähtevän, haaroiksi jakautuneen vertikaalisen juuren) kanssa muodostavat ne keskussyväjuuriston. — Niitä pintajuuriston vertikaalisia haaroja, jotka saavat alkunsa kauempana rungosta, sanotaan hajasyväjuuriksi ja yhteisesti hajasyväjuuristoksi. — Mainittakoon, että vertikaaliset juuret voivat olla myös ylöspäisiä, joskin tämä on verraten harvinaista.

Joskus on osa samaa juurta luettava pintajuureksi, osa taas syväjuureksi. Näin on tehtävä silloin kuin juuren suunta pysyväisesti muuttuu. Paalujuuri voi esim. kääntyä ja jatkua tavallisena vaakasuorana juurena. Toiselta puolen voi pintajuuri äkkiä kääntyä kohtisuoraksi ja jatkaa sellaisena kulkuaan syvyyttä kohti. Kumpaisestakin tapauksesta on aineistossa lukuisia esimerkkejä.

Viistoon suuntautuvia juuria esiintyy etupäässä vain keskussyväjuuristossa. Tällaisten juurten suhteen on joskus vaikea ratkaista, onko ne luettava syvä- vai pintajuuriin. Esimerkkinä mainittakoon koealan IV 2:nen koepuu ja koealan XIX 1:nen koepuu. Tällöin ratkaisi asian sen kulman suuruus, jonka juuren pääsuunta teki vaakasuoran tason kanssa. Jos tuo kulma oli 45 astetta pienempi, luettiin juuri vaakasuoriin, muutoin pystysuoriin. Rajatapaukset vietiin mieluummin syväjuuriin, sillä 45 asteen kulmassa alaspäin suuntautuva juuri on jo hyvin jyrkkä.

Tietenkin sattuu usein, että vaakasuora juuri tilapäisesti kulkee viistoon, jopa pystysuoraankin, tai toisaalta syväjuuri vaakasuorasti. Tämä ei luonnollisesti muuta juuren luonnetta eikä aiheuta sen eri osien lukemista eri kategorioihin.

Puhuttaessa juuriston yleisistä ominaisuuksista ja selvitettäessä asiaan kuuluvia käsitteitä on syytä ottaa puheeksi eräs tavallaan juuristoon kuuluva osa, josta tässä tutkimuksessa käytetään nimitystä kannon alus. Kun nim. puu kaadetaan ylimmän juuren niskan tasalta, jää maahan varsinaisen juuriston lisäksi puun osa, joka on rungon suoranaista jatkoa ja josta pintajuuret lähtevät sivulle päin ja paalujuuri (tavallisesti) alaspäin. Tämä on äsken mainittu kannon alus. Pintajuuriin sitä ei voi lukea kuuluvaksi, pikemminkin syväjuuristoon, lähinnä paalujuureen. Mutta usein ei tämäkään suoranaisesti liity kannon alukseen. Verrattakoon esim. kuvia 3, 4 ja 49. Niinpä onkin pidetty parhaana mitata paalujuuri alkavaksi ylimmän horisontaalisen juurikehän alapuolelta, mikä kohta tosiasiallisesti onkin lähempänä puun alkuperäistä juurenniskaa kuin kehän yläpuoli siitä syystä, että pintajuuret kasvavat paksuutta ylöspäin huomattavasti enemmän kuin alaspäin.

Keskusjuuristoksi nimitetään lähellä puun tyveä olevaa juuriston osaa, joka siis käsittää koko keskussyväjuuriston ja tämän lisäksi osan pintajuuria, nim. 1—1.5 m:n etäisyydelle puun tyvestä. Milloin erikoisesti tahdotaan painostaa keskusjuuriston yhtenäisyyttä, käytetään siitä kansanomaista nimitystä juurakko, johon nimenomaan luetaan kuuluvaksi myös kannon alus. Käsitettä ei siis ole otettu kasvitieteellisessä merkityksessä.

Männyn juuriston erilaistumisesta pinta- ja syväjuuristoksi johtuu, että on tarkoituksenmukaisinta käsitellä niitä erikseen.

Vaakasuora- eli pintajuuristo.

YLEISIÄ PIIRTEITÄ.

Kuten aikaisemmin on mainittu puhuttaessa käsillä olevan tutkimuksen laadusta, on sen tarkoituksena selvitellä männyn juuriston morfologiaa pääpiirteiltään. Vaikeaa onkin samalla kertaa tutkia juuriston yleisiä ominaisuuksia ja ulottuvaisuuksia toisaalta sekä juuriston hienoimpia yksityiskohtia toisaalta. Niinpä vaakasuoraa juuristoa kuvattaessa ja mitattaessa on yleensä jätetty syrjään kääpiöjuuret (Büsgen, Liese: Kurzwurzeln; Engler, Anders: Saugwurzeln; von Alten: Ernährungs-

wurzeln), jotka ovat kooltaan aivan vähäpätöisiä ja häviävät nopeasti ilmestyäkseen jälleen uusiin paikkoihin. Usein pantiinkin työn kuluessa merkille kuolleita kääpiöjuuriryhmiä. Mainitut juuret ovat siis luonteeltaan tilapäisiä eivätkä kartuta itse juuriverkostoa. Männyn kääpiöjuuret ovat hyvin usein mykorritsoja. Niitä tavattiin runsaasti sekä mineraalimaassa että humuksessa. Hankahaarautumistaan ovat ne helpot tuntea. Mainittakoon, että Möller ei humuksessa tavannut sienijuurta männyn taimilla.

Ne vaakasuorat juuret, jotka varsinaisesti muodostavat juuriverkoston, ovat n.s. kulkujuuria (Büsgen, Liese: Langwurzeln; Engler, Anders, Liese: Triebwurzeln; von Alten: Bereicherungswurzeln). Ne kasvavat useinkin nopeasti pituutta, eivät koskaan ole päästään sienettyneet ja päättyvät kasvun aikana valkoiseen, turpeaan kärkeen (Th. Hartig: Spargelspitzen). Nämä kärjet ovat verraten tylppiä, niiden suippeneva nirkko on vain muutaman mm:n pituinen. Itse valkeat kärjet ovat melko paksuja. On tavattu 4:nkin mm:n vahvuisia. (Liese mainitsee maksimimittana 5 mm.) Mutta pienimmät juuret ovat läpimitaten vain 0.5 mm ja siitäkin alle. Pituudeltaan on valkea kärki enintään muutaman cm:n mittainen. Sen takana seuraa usein pitkäkin (aina 30 cm:iin) ruskettunut jotenkin yhtä vahva osa, mutta sen jälkeen kapenee juuri huomattavasti. Niinpä kärjestään 4 mm:n vahvuinen juuri saattaa vähän taampaa olla läpimitaltaan vain 1 tai 1.5 mm. Tällöin edustaa paksu osa viimeistä kasvainta. Väliin on kasvainten raja selvästi huomattavissa.

Joskin useilla pintajuurilla on mainitunlainen valkea kärki, ei sitä ole läheskään kaikilla. Toisinaan on kärki päähän asti ruskettunut ilmaisten kasvun keskeytyneen. Kuitenkaan ei tällaisia kärkiä usein tavata. Sen sijaan juuri usein päättyy erittäin hienoon haaromaan, josta päärankaa ei voida erottaa. Tuollainen juuri ei enää jatka kasvuaan. Mahdollisesti voi jokin hienoista päätehaaroista hiukan lisätä pituuttaan, mutta itse juuren pituuskasvu on loppunut. Tämä voidaan varmuudella päättää sen nojalla, ettei aivan rihmamaisen juuren ole yhdessäkään tapauksessa huomattu jatkuvan muutamia senttimetrejä pitemmälle, varsinkaan jos

se on haarova. Pituuskasvuaan jatkava juuri on näöltään jotenkin tunnusmerkillinen ja helppo erottaa edellä mainituista. Sen läpimitta voi kyllä alentua 1 mm:iin, jopa puoleenkin, mutta aivan rihmamainen se ei koskaan ole. Ja mitä nopeammin juuri kasvaa, sitä vähemmän sillä on haaroja kärkipuolellaan. Se voi pitkät matkat kulkea aivan nuoramaisena. — Terveiden, kasvukykyisten juuren päiden runsaus epäilemättä osoittaa juuriston elinvoimaisuutta ja kehityskelpoisuutta.

Sen sijaan todistavat useat kuolleet juuren päät juuriston rappeutumista ja taantumista. Verrattakoon tietoja useimpien huonokuntoisten koepuiden (esim. koepuiden XVIII, 3 ja XX, 2) juuristoista. Kuitenkin tavataan kuolleita juuren päitä silloin tällöin elinvoimaisillakin puilla. Otettakoon vain esimerkiksi koepuu XV, 1, koepuu XVIII, 1 ja koepuu XXXI, 1. Mitään eroa ei vuodenajan mukaan huomattu kuolleiden juuren päiden lukuisuudessa eikä niitä millään puulla minään aikana tavattu siinä määrin kuin Tolski on havainnut Samaran kuvernementissa keskikesän aikana. Hänen huomioittensa mukaan oli tällöin vain muutama harva prosentti kärkien luvusta toiminnassa, eikä ainoastaan kuivuudelle alttiilla kasvupaikoilla, vaan edullisillakin. Mutta männyn viihtyminen ja varsinkin luontainen nuorentuminen onkin Tolskin kuvauksista päättäen erittäin huonoa näiden seutujen kuivilla kankailla. — Edellä on ollut puhetta vain kuolleista juuren päistä. Milloin puun ja sen mukana juuriston kehitys on pysähdyksissä tai taantumassa, saattavat kokonaiset juuret tai ainakin merkittävät osat niistä kuolla ja lahota pois. Tästä mainittakoon esimerkkinä koepuu XIII, 1 ja koepuu XIV, 1. Huomiota ansaitsee etenkin kartta n:o 10, joka esittää viimeksi mainitun koepuun pintajuuristoa. Kuollut osa on siinä merkitty eri värillä. Koko horisontaalisen juuriston pituussummasta on tämä osa lähes 14 %. On kuitenkin mainittava, että joillakin erinomaisen kitukasvuisilla yksilöillä tavattiin odottamattoman terve juuristo. Tästä tarjoaa hyvän esimerkin koealan XX koepuu 2, melkein kuolemaisillaan oleva yksilö, jonka juuristosta kuitenkin löytyi vain 6 kuollutta juuren päätä, näistä vain yksi pitemmälti laho.

Yleinen on se käsitys, ettei mänty kykene korvaamaan katkennutta

juurta uudella tai että tämä kyky joka tapauksessa on heikko. Tämän mielipiteen esitti jo Nobbe v. 1875 selittäen sen nojalla männyn istuttamisvaikeuden. Tolski on tehnyt kokeita katkaisemalla eräiden kasvavien, 20-vuotisten mäntyjen pintajuuria. Kolmen vuoden kuluttua totesi hän, että useimpiin katkaisukohtiin oli syntynyt kimppu uusia, elinvoimaisia, samaan suuntaan kasvavia juuria. Liese on huomannut sileään katkaisukohtaan ilmestyvän adventiivijuuria, kun taas rosoinen katkaisukohta jää ilman niitä. Tämän tutkimuksen yhteydessä ei ole mainitunlaisia kokeita tehty. Mutta eräällä koealalla (III) tavattiin useitakin kulon vaikutuksesta kärkipuoleltaan kuolleita juuria, jolloin vahingoittuneen juuren pihkoittuneen pään tienoille oli syntynyt pari entisen juuren suuntaan kasvavaa juurta. Kuolleen juuren korvaaminen näyttää voivan usein tapahtua sitenkin, että eloon jääneestä tyngästä lähtevät sivujuuret tällöin kasvavat huomattavasti pitemmiksi ja vahvemmiksi kuin muutoin. Esimerkkejä tästä on löydettävissä koealojen III ja XIII juuristoista. Edellisen nojalla näyttää siltä, että mänty ainakin jossain määrin kykenee korvaamaan menettämänsä juuret siinäkin tapauksessa, että katkeamispinta ei ole sileä.

Aikaisemmin mainittiin jo juurten kasvaimista m.m., että yhden vuoden saavutus voi nousta 30 cm:iin. Joskaan ei juurten kasvusuhteita tämän tutkimuksen yhteydessä varsinaisesti ole selvitetty, esitettäköön kuitenkin eräiden koepuiden juurten keskimääräistä kasvua koskevia lukuja.

Koepuu	Koepuun ikä, v.	Pisin juuri, m	Keskim. vuot. kasvu, cm
II, 2	40	13.5	34
VIII, 1	38	12.0	32
XII, 1	16	5.5	34
XV, 1	52	17.0	33
XXXI, 1	14	4.5	32

Nämä puut ovat kaikki verraten nuoria ja erittäin hyväkasvuisia yksilöitä. Mainitut kasvuluvut ovat siis jonkinlaisia maksimiarvoja, joita suurempia ei tutkimusaineistosta löydy. — Jos ajatellaan, että tällais-

ta kasvua jatkuisi koko puiden eliniän, tultaisiin pituuslukuihin, jotka huomattavasti ylittävät todellisuudessa tavattavat mitat. Voidaan näin ollen päätellä, että juurten keskimääräinen pituuskasvu, samoin kuin rungonkin, kiihtyy aluksi, saavuttaa kulminaatiokohdan nuorella iällä ja hidastuu vanhuutta kohti.

Vaikkakaan juurten kasvuajan selvittäminen ei kuulu tähän tutkimukseen, ansaitsee kuitenkin mainita, että valkeita, kasvuisia juuren päitä löytyi kaikkina vuodenaikoina, jolloin kaivuuta suoritettiin. Vieläpä erittäin runsaasti kauniita kärkiä tavattiin lokakuun alkupäivinä (1925) eräillä puilla Orivedellä (esim. koealat XXIX ja XXXI). Mitään eroa kasvullisten juuren päiden esiintymisessä vuodenaikojen mukaan ei havaittu.

Pintajuuriston yleisiin ominaisuuksiin kuuluu sen juurien suuntautuminen säteettäisesti poispäin puun tyvestä. Jos tarkastellaan nuoren, vapaasti kehittyneen puun juurikarttaa, on se näin ollen usein näöltään tähteä muistuttava. Verrattakoon esim. karttaa n:o 1 ja etenkin siinä kuvattuja koepuiden II, 1 ja II, 2 juuristoja. Hyvin tähtimäisiä olivat myös koepuiden I, 1, XII, 1 ja XXXI, 1 pintajuuristot. Sivujuuret ovat puun nuorella iällä vielä lyhyitä, ja leiman kartalle antaa pääpintajuurten suuntaus. Myöhemmin muuttuu kuva useastakin syystä, vaikka juuristo edelleen saisi rauhassa kehittyä ulkonaisten esteiden vaikuttamatta juurten suuntaan. Ensinnäkin muuttavat pintajuuriston muotoa yhä pitenevät sivujuuret, jotka kyllä yleisimmin alkavat kasvaa samaanne päin kuin pääjuurikin tehden kuitenkin sen suunnan kanssa terävän kulman. Näin joutuvat sivujuuret leikkaamaan läheisiä pääjuuria muodostaen verkon silmukan tapaisia kuvioita. Silmukat yhä lisääntyvät, kun toisen ja kolmannen ja yhä korkeamman asteen sivujuuretkin alkavat kehittyä ja vielä uusia pääjuuriakin liittyy entisiin. Kun näin juuret yhä enenevät, alkavat ne olla toistensa esteenä aiheuttaen muutoksia tavallisiin suuntiin. Vaikka olosuhteet puun ympäristössä olisivat kuinkakin homogeeniset ja vapaat juuriston säännönmukaista kehitystä häiritsevistä tekijöistä, saattaa kuitenkin aikojen kuluessa ilmetä monia seikkoja, jotka vaikuttavat m.m. juurten suuntaukseen ja tekevät kutoutuneen verkon

yhä sekavammaksi ja sokkeloisemmaksi. Tällaisia seikkoja saattavat olla läheisten puiden juuret, joita yksinäisenkin puun alueelle jonakin elämän aikakautena tavallisesti kulkeutuu, niin ikään kulovalkeat, jotka kärventävät juuristoa aiheuttaen uusia haaromisia ja mahdollisesti hävittäenkin osan juuristosta. Millaiseksi vanhan puun pintajuuristo kuvatunlaisissa oloissa muodostuu, siitä antaa hyvän käsityksen kartta n:o 10 (koepuu XIV, 1). — Yleensä on puun juuriverkosto tihein lähellä tyveä ja harvenee siitä pois päin. Juurillahan on sitä parempi tila levittäytyä naapuriensa häiritsemättä, mitä kauemmas ne kärkensä ulottavat. — Näyttää siltä, että puu pyrkii järjestelmällisesti käyttämään hyväkseen maa-alan joka taholla, mikäli ei sellaisia seikkoja ole vaikuttamassa, jotka saavat juuriston pääosan kehittymään jollekin määrätylle suunnalle. NOLL (1894) on tutkittuaan eräitä hernekasveja ja lupiinia pannut merkille, että sivujuuret pääjuuren kaartaessa säännöllisesti saavat alkunsa kaaren kuperalta puolelta. Samalla huomauttaa hän, että tällainen säännönmukaisuus on eduksi juuriston leviämiselle. Se pitääkin epäilemättä paikkansa. Mutta tarkasteltaessa ohellisia juurikarttoja huomataan säännöstä siksi paljon poikkeuksia, ettei voida sanoa sen olevan voimassa ainakaan männyn juuristoon nähden.

Juurten haarominen on NOBBEN (1875) mukaan runsainta siellä, missä ravintoaineitakin on runsaasti. Ja BÜSGEN (1901) huomauttaa, että juuret nopeasti kasvavat laihan seudun yli muodostaakseen tiheän verkoston antoisampaan kohtaan. Vaikka nämä lausumat eivät koskekaan männyn juuristoa, voidaan ne saavutetun kokemuksen nojalla soveltaa siihenkin. Eräillä koealoilla (esim. XXVII, XX, XVIII) on esim. pantu merkille, miten suorina ja haaromatta juuret kulkevat vain sammalkerroksen peittämien kalliokohoumien tai kivien yli. Sen sijaan esim. entisten kantojen kohdalla usein huomataan erikoista haaromista; samoin lahoissa maapuissa voi tavata aivan kimpuittain juuria. Eräät erikoisen tiheät paikat juuriverkostossa ovat epäilemättä ravintoainekokoumien aiheuttamia, vaikkakaan näistä ei mitään jälkiä enää ole havaittavissa. Mielellään asettaa esim. yhteyteen keskenään kartalla n:o 12 (koepuu XV, 1) koepuusta vähän pohjoiseen silmiin pistävän juuri-

tiheikön ja niiltä tienoin n. 40 cm:n syvyydeltä tavatun huomattavan hiiliesiintymän.

Myös kosteus näyttää voivan aiheuttaa tavallista rikkaampaa haaromista. Verrattakoon esim. toisiinsa koealalta VII kaivetun juuriston pohjoiseen ja etelään suuntautuvia osia (kartta n:o 5). Edellinen, joka ohjautuu pitkin kuivaa kanervakangasta, on mahdollisimman harvahaarainen, kun taas etelään suuntautuvat juuret, jotka painuvat loivaa rinnettä alas, kohti pientä rämettä (jonka monet saavuttavatkin), ovat erinomaisen monihaaraisia. Mainittakoon, että juuriston pituutta mitattaessa on otettu huomioon jopa 6:nnen asteen sivujuuria.

Liiallinen kosteus näyttää toiselta puolen olevan aiheena pitkien, haarattomien juurten muodostumiselle. Verrattakoon koepuiden XXVIII, 1 ja XXIX, 1 juuristoja (kartat n:ot 25 ja 26). Edellinen on kehittynyt liiallisen veden vaivaamana, jälkimmäinen jo kymmenkunta vuotta vähitellen kuivuvassa suoturpeessa.

PINTAJUURISTON SYMMETRISYYS.

Edellä on nähty, että männyn pintajuuristo pyrkii muodostumaan suunnilleen yhtä laajaksi joka taholle. Harvoin se saa kuitenkaan tällä tavoin kehittyä, sillä monet vaikuttimet pyrkivät aiheuttamaan symmetriaan häiriötä. Otettakoon näistä ainoastaan muutamia käsiteltäviksi.

Eräs tekijä, jolla voi ajatella olevan merkitystä pintajuuriston yleiseen suuntautumiseen nähden, on useimmin vallitseva tuuli.[1] Onhan hyvin käsitettävää, että raju tuuli enimmän tempoo ja rasittaa puun sen puoleisia juuria, josta käsin se puhaltaa. Nyt on ajateltavissa, että tuo rasitus ajan mittaan jossain määrin estää juuriston kehittymistä vallitsevan tuulen suuntaan. Sen sijaan näyttäisivät juuriston laajenemisedellytykset parhailta sille taholle, josta harvimmin tulee. Suurin merkitys on luonnollisesti kesän aikaisilla tuulilla, talviset tuulet taas eivät suoranaisesti voi juuristoon vaikuttaa maan ollessa jäätyneenä. Puheena olevan asian

[1]) Keväällä v. 1926 huomautti minulle toht. A. L. BACKMAN siitä mahdollisuudesta, että juurilla voisi olla jokin yleinen valtasuunta, mutta suhtauduin asiaan silloin suuresti epäillen.

selvittämiseksi otettiin tarkasteltaviksi kaikki ne koepuut, joiden juuristoa oli siinä määrin paljastettu, että juurten pääsuuntaus joltisellakin varmuudella kävi ilmi. Puiden luku oli 58, niistä 11 kuusta ja 2 koivua. Ne jaettiin ensin kahteen ryhmään sen mukaan, oliko pintajuuristoilla yksi selvästi vallitseva suuntaus, vai eikö. Jos suuntaus oli huomattavissa, merkittiin se muistiin käyttäen kahdeksaa ilmansuuntaa. Vielä merkittiin kummankin ryhmän puiden juuristoista, oliko ja millä taholla havaittavissa yksi selvästi muita vähäjuurisempi osuus. Merkitseminen toimitettiin juurikarttojen perusteella. Valtasuuntaukselta vaadittiin, että useita, muita pitempiä juuria kasvoi tälle taholle. Tulokset nähdään seuraavasta taulukosta.

Pintajuuristolla yksi selvästi vallitseva suuntaus — *The horiz. root system has a distinct tendency in a given direction*								Ei mitään selvästi vallitsevaa suuntausta — *No distinct tendency in any direction*	Pintajuuristolla yksi selvästi huomattava vähäjuurinen osuus – *One part of the root system distinctly poor in roots*							
N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Puiden lukumäärä — *Number of trees*																
2	5	4	14	2	2	—	3	26	2	6	1	2	3	10	2	5

Seuraava yhdistelmä osoittaa puiden luvun muodostuneissa eri ryhmissä.

Puita, joiden juuristolla
- on selvä valtasuuntaus 32
- ei ole selvää valtasuuntausta 26
- Tutkittujen puiden luku = 58
- ei ole valtasuuntausta, mutta selvä vähäjuurinen osuus .. 8
- on valtasuuntaus sekä selvä vähäjuurinen osuus 23
- on selvä vähäjuurinen osuus 31
- ei ole valtasuuntausta eikä selvää vähäjuurista osuutta .. 18
- on valtasuuntaus, mutta ei selvää vähäjuurista osuutta .. 9 [1])

Jos lasketaan yhteen niiden tapausten luku, jolloin valtasuuntaus on käynyt johonkin määrättyyn ilmansuuntaan ja ne, jolloin samalla suun-

[1]) Tähän sisältyy kuitenkin 4 sellaista juuristoa, joita ei ole täydelleen kaivettu, joten vähäjuurisesta osuudesta ei voida päättää.

nalla on ollut vähäjuurinen osuus, antamalla jälkimmäisille — merkki, niin saadaan seuraava yhdistelmä:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
—	—1	+3	**+12**	—1	**—8**	—2	—2

Yhdistelmässä kiinnittävät ennen muuta huomion puoleensa lounaisen ja kaakon muista melkoisesti poikkeavat luvut. Pintajuuriston valtasuuntaus näyttää tämän mukaan useimmin kohdistuvan kaakkoon ja päinvastoin vähäjuurinen osuus lounaaseen.

Verrattakoon tätä tulosta yleisimpiin tuulen suuntiin kesäaikana (kesä-, heinä-, elokuu) Suomessa. Ne ovat JOHANSSONin mukaan (Oma Maa V, 1924) prosenteissa kaikista tuulista seuraavat:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
15	12	10	**8**	13	**18**	10	12

Mainittakoon vielä saman lähteen mukaan, että kaakkoistuulet ovat tuulista heikoimpia.

On myönnettävä, että sopusointu kahden viimeksi esitetyn yhdistelmän välillä on hyvä. Ja voidaan siis päätellä, että kesän vallitsevilla tuulilla on vaikutusta pintajuuriston suuntautumiseen sikäli, että juuret välttävät yleisimmän tuulen puolta ja kasvavat mieluimmin sinne päin, mistä vähimmin tuulee.

Siihen nähden, että on paljon muitakin juurten suuntautumiseen vaikuttavia tekijöitä, ei ole lainkaan kummeksuttava, ettei useampien puiden juuristoissa ollut selvästi huomattavissa suuntautumista kaakkoon tai lounaisen suunnan karttamista.

Muista kuin kahdesta puheena olleesta tuulen suunnasta ei aineiston nojalla voida mitään päätellä.

On tunnettua, että tuulille alttiilla paikoilla puiden latvukset vähitellen muovautuvat siten, että oksisto vallitsevan tuulen puolelta ajan mittaan pienenee ja voi kokonaan hävitäkin. On myös tiettyä, että latvus ja

juuristo ovat keskenään läheisessä vuorovaikutuksessa. Mainitunlaisen vaikutussarjan on MELDER (1911) todennut Kuurinmaalla tutkittuaan eräitä siemenpuuasentoja (katso tarkemmin ss. 18—19). Mutta latvuksen muotoon vaikuttaa metsikössä moni muukin seikka kuin tuuli. Äskeisen päätelmän mukaan taas tuuli vaikuttaa suorastaan juuristoon. Näin ollen voivat latvuksen ja vallitsevan tuulen vaikutukset juuriston suuntaukseen olla keskenään ristiriitaisia. Voidaan siis jo etukäteen arvata, ettei vallan kiinteää yhteyttä latvuksen horisontaalisen ulottuvaisuuden ja pintajuuriston suuntautumisen välillä ole olemassa. Puheena olevan asian selvittämiseksi otettiin tarkasteltaviksi ne koepuut, joiden juuristot oli jotakuinkin täydelleen kaivettu esiin ja joista latvusprojektio on piirretty. Tällaisia puita karttui 46, niistä 12 kuusta ja 2 koivua. Vertaamalla pintajuuriston karttaa ja latvusprojektiota keskenään, koetettiin arvioida, minkä verran yhteyttä oli niiden suuntautumisten välillä. Arviointi on tietenkin jossain määrin subjektiivista, mutta se nojaa kuitenkin kartoilla toimitettuihin mittauksiin.

Saatiin seuraava yhdistelmä.

Minkä verran on yhteyttä pintajuuriston ja latvuksen suuntautumisten välillä	Tutkittujen puiden luku
Ei ensinkään	9
Ei sanottavasti	16
Hieman	8
Jossain määrin	3
Joltisestikin	4
Tyydyttävästi	4
Yhteys hyvä	2
Yht.	46

Jonkinlaista yhteyttä, joskin enimmäkseen hyvin heikkoa on siis huomattu 21 (45.7 %) tapauksessa. Yhteyttä ei ollut huomattavissa 16 (34.8 % tapauksessa, joskaan ei erikoista ristiriitaakaan ollut olemassa. Sen sijaan osoitti 9 (19.5 %) tapausta ilmeistä ristiriitaa. — Huomattakoon, että vii-

meksi mainittuun ryhmään kuuluu 4 kuusta ja 1 koivu ja sitä edelliseen 5 kuusta ja 1 koivu. Siis melkein kaikki »vieraat» puulajit tavataan niissä ryhmissä, jotka eivät osoita yhteyttä latvuksen ja pintajuuriston suuntautumisten välillä. — Niin ikään voidaan panna merkille, että huonoa yhteyttä osoittaviin ryhmiin kuuluu etupäässä pieniä puita ja päinvastoin. Niinpä ryhmien »ei ensinkään» ja »ei sanottavasti» puista on vain 32.0 % läpimitaltaan rinnankorkeudelta 9 cm tai enemmän, kun taas ryhmien »yhteys hyvä», »tyydyttävä», »joltinenkin» ja »jossain määrin» puista samalta korkeudelta mitattuna on 53.8 % läpimitaltaan 14 cm tai enemmän.

Edellisen nojalla on sanottava, että *yhteys pintajuuriston ja latvuksen suuntautumisten välillä on erinomaisen heikkoa rajoittuen etupäässä ilmeisten ristiriitaisuuksien välttymiseen.* Latvuksen suuntautumisen ja tuulensuuntien välillä ei minkäänlaista vastaavaisuutta ole voitu havaita. Tämä onkin helposti selitettävissä, kun otetaan huomioon, että useimmat tutkitut kasvoivat metsikössä. Että taas tällöin latvuksen muodostumisen etupäässä ratkaisevat muut syyt kuin tuuli, on hyvin ymmärrettävää. Toisin on laita aukealla kasvaneiden puiden. Tähän viittaavat Melderin tulokset. Hänen tutkimansa puut olivat vanhoja, verraten kauan siemenpuuasennossa olleita (koska nuorennosta jo oli runsaasti) ja nähtävästi sitä ennen harvassa metsikössä kehittyneitä. Vallitsevilla tuulilla oli ollut hyvä tilaisuus hävittää oksisto omalta puoleltaan. Tätä oli mahdollisesti auttanut tuulen aiheuttama saman puolen juuriston redusoituminen. Toiselta puolen saattoi myös oksiston vähentyminen tuulen puolelta jouduttaa vastaavan juuriston häviötä. — Aineistoon kuuluvat kolme aukealla kasvanutta iäkästä puuta viittaavat myös siihen, että latvuksen muodostumiseen ovat vallitsevat tuulet vaikuttaneet. Kaikilla on kapein oksisto lounaan puolella ja kahdella levein kaakkoon päin. Kolmannen levein oksisto taas suuntautuu koilliseen. Nyt on kuitenkin huomattava, että juuristoon vaikuttavat vain kesän tuulet, mutta latvukseen (varsinkin havupuiden) koko vuoden. Suomessa on lounaistuuli kyllä koko vuoden vallitseva, mutta kaakkoistuuli on vain kesällä harvinaisin (joskin se talvellakin on heikoin tuulista). Jos koko vuosi otetaan

huomioon, ovat harvinaisimpia itä- ja koillistuulet, kuten selviää alla olevasta yhdistelmästä (Johanssonin mukaan, Oma Maa V, 1924), joka osoittaa koko vuoden tuulten yleisyyden %:issa kaikista tuulista.

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
13	10	9	12	16	19	11	11

Tämä seikka, kesä- ja koko vuoden tuulten eroavaisuus varmaan osaksi selittää huonon vastaavaisuuden latvuksen ja pintajuuriston suuntautumisen välillä.

Se edellä viitattu seikka, että vanhemmat puut osoittivat jonkin verran parempaa yhteyttä latvuksen ja juuriston suuntautumisten välillä kuin nuoremmat, on omiaan tukemaan edellä esitettyä käsitystä, että tuuli myöhemmällä iällä, metsikön harventuessa paremmin pystyy muovaamaan latvuksia.

Eräs syy, joka varmasti usein aiheuttaa pintajuuriston epäsymmetrisyyden, on mekaanisissa esteissä. Kivi tai kallion seinämä voi näin muuttaa juurten kulkusuunnan tai keskeyttää niiden kasvun. Tästä on useita esimerkkejä. Mainittakoon vain koepuut XX,1, XIX, 1 ja XXII, 1. Aina ei kuitenkaan kivien aiheuttaman juurten kulkusuunnan muutoksen tarvitse saada aikaan mitään epäsymmetrisyyttä, sillä kiviä voi olla eri puolilla, joten niiden vaikutus tasaantuu. Myös käyttävät juuret hyväkseen kivien halkeamia (esim. koealoilla XX ja XXIII) tai sitten kiipeävät, vieläpä verraten korkeidenkin kivien yli, jos ne ovat sammalpeitteisiä (esim. koealalla XX tutkitun kuusen juuret). Toisinaan kiipeävät juuret myös sammaltuneen kannon yli, toista reunaa ylös ja toista alas. Tällaisen hyvin kauniin tapauksen osoitti allekirjoittaneelle metsänhoitaja N. Hildén Osaran kartanon maalla Hämeenkyrössä. Parin cm:n vahvuinen kuusen juuri kasvoi mainitulla tavalla n. $^1/_2$ m:n korkuisen kannon yli. Kun laho kanto potkaistiin syrjään, jäi juuri kauniina »porttina» pystyyn.

Epäilemättä voi myös vieraan puun tyvi tai juuristo aiheuttaa esteitä jonkin määrätyn puun juurten kasvulle, vaikkakin ne usein pujot-

tautuvat suoraan vierasta puuta kohti ja sen alitsekin. Tarkastelemalla niiden koepuiden juurikarttoja, joiden lähettyvillä kasvoi saman ikäisiä tai vanhempia puita, on muodostettu kolme ryhmää. Ensimmäiseen ryhmään on luettu ne puut, joiden pintajuuristo huomattavasti karttaa lähellä olevia puita tai tiheitä puuryhmiä, toiseen luettiin ne puut, joiden juuristo osittain karttaa lähellä olevia puita tai puuryhmiä ja lopuksi käsitti kolmas ryhmä sellaiset puut, joiden suhteen ei mitään naapuripuiden ja puuryhmäin karttamista voitu panna merkille. Tarkastelun alaisia puita oli 36, niistä kuusia 3. Saatiin seuraava tulos:

ryhmä 1	ryhmä 2	ryhmä 3
11 puuta	15 puuta	10 puuta

Nähdään siis, ettei mitään selvää ja yleistä suuntaa voida tässä suhteessa todeta, mikä onkin luonnollista, kun muistetaan, miten monenlaiset vaikuttimet juuriston suuntautumiseen ja kehittymiseen ottavat osaa. Sen verran saattaa kuitenkin edellisestä päätellä, että *pintajuuristo parhaiten kehittyy vapaassa tilassa ja levittäytyy siis runsaimmin vähäjuurisilla seuduilla, mikäli eivät muut voimakkaammat syyt erikoisesti edistä sen kehittymistä toisaalla.*

On ajateltavissa, että myös maan pinnanmuodostus vaikuttaa juuriston suuntautumiseen. Niinpä on WEAVER (1919) todennut, että kasvien juuret Kalliovuorten sorarinteillä Coloradossa leviävät pintamyötäisesti ja suuntautuvat suurimmalta osaltaan rinnettä ylöspäin. Syynä pidetään näin saavutettavaa lujempaa kiinnitystä. — Käsillä olevaan aineistoon kuuluu eräitä rinteillä kasvaneita yksilöitä. Jyrkimmällä rinteellä on koeala XVII. Tarkasteltaessa ensimmäisen koepuun juurikarttaa huomioon ottaen, että lasku on koillista kohti, ei voida huomata juurten erikoisesti suuntautuvan paremmin rinnettä alas kuin ylöskään, pikemminkin ne kasvavat pitkin rinnettä. Myöskin toinen koepuu, mikäli sen juuristoa paljastettiin, ei osoittanut selvää suuntautumista rinteen nousua tai laskua kohti. Koealan XII ensimmäinen koepuu kasvoi melkoisen jyrkällä

länteen päin alenevalla rinteellä. Täällä suuntautuu enemmän juuria alas- kuin ylöspäin. Koealalla XXIII on asianlaita ensimmäisen koepuun suhteen (kartta n:o 22) päin vastoin: etelään käsin,rinteen laskua kohti kasvaa vain verraten vähän juuria. Syynä lienee osittain maaperän suurempi kivisyys tällä taholla. Toisen koepuun pintajuuristo taas enimmältä osaltaan ohjautuu rinteen laskusuuntaan. Tämän koepuun kohdalla on rinne kuitenkin verraten loiva. — Mitään varmaa, maan kaltevuuden aiheuttamaa pintajuuriston suuntausta ei siis tutkittujen koepuiden nojalla ole voitu havaita. Joka tapauksessa vaaditaan jyrkempää laskua kuin tutkittujen puiden kasvupaikoilla (koealalla XVII oli lasku n. 65 cm 1 m:ä kohti), ennen kuin vaikutusta tässä suhteessa mahdollisesti saatetaan todeta.

Lopuksi viitattakoon vielä siihen seikkaan, että *nähtävästi myös vaihtelut maaperän ravintoainepitoisuudessa ja kosteudessa voivat ohjata pintajuuriston kulkua.* Tarkasteltakoon esim. koealan XIX ensimmäistä koepuuta (kartta n:o 16). Sen pintajuuriston pääosa suuntautuu pohjoiskoilliseen. Tätä ei voida selittää harvinaisen tuulensuunnan, ei latvuksen muodon, eikä vapaan tilankaan nojalla. Eivät myöskään mitkään mekaaniset esteet ole syynä puheena olevaan seikkaan. Tosin lähellä tyveä oleva kivi on yhden vankan juuren kääntänyt pohjoiseen, mutta sen sijaan on pari muuta jonkin toisen syyn takia poikennut alkuperäisestä suunnastaan ohjautuen etelään (toinen kyllä vielä lopuksi kääntyy luoteeseen). Mutta jos katsellaan koealan maaperäselostusta, saattaa se antaa valaistusta kysymykseen. Lähellä pintaa oleva maaperä, joka puun kohdalla on hienojakoista moreenia, muuttuu nim. muutaman metrin päässä puusta pohjoiseen päin saveksi, joka mahdollisesti on ravintorikkaampaa kuin moreeni ja ainakin säilyttää maan humuksen alta kosteampana.

Selvä kosteussuhteiden aiheuttama juuriston suuntautuminen huomataan tarkasteltaessa koealalla XXIX esiin kaivettua juuristoa (kartta n:o 26). Puu kasvoi kuivuvalla suolla, ja viemäri, joka kuivumisen oli aiheuttanut, kulki vain muutaman metrin päässä juuriston pohjoisimmista

kärjistä suuntaan ENE—WSW. Juuriston valtaosa pyrkii, kuten kartta osoittaa, viemäriä, toisin sanoen edullisempia kosteusoloja kohti. — Selvä suuntaus on myös toisen rämekoealan (XXVIII) koepuun juuristolla (kartta n:o 26). Senkin pisimmät ja terveimmät juuret kasvavat kohti viemäriä, vaikka se on niin kaukana, ettei koealan paikkeilla minkäänlaista suon kuivumista ole havaittavissa eikä puiden kasvukaan ole ensinkään parantunut. — Mainittakoon, että myös KOKKOSEN mukaan suomäntyjen juuret mieluummin kasvavat viemäriin päin kuin vastakkaiseen suuntaan.

PINTAJUURISTON TYVIMUODOSTUMAT.

Männyn pintajuuret nousevat verraten harvoin tyvestään maanpinnan yläpuolelle eivätkä koskaan kohottaudu sillä tavoin kuin isojen kuusten juuret, jotka usein tyvestä lähtien kulkevat metrinkin verran suurelta osaltaan maanpinnan yläpuolella. Juurten niskat kyllä usein kohottautuvat jonkin verran, mutta yleensä vain siinä määrin, että sammalpeite seuraa mukana ja muodostaa humuskerroksen, vaikkapa ohuenkin niiden päälle. Näin pysyvät juuret maan peitossa, puun tyvelle vain muodostuu pienehkö kumpu. Onkin tunnettua, että männyn runko on harvoin juurenniskasta siinä määrin laajentunut kuin kuusen. Mänty voidaan tästä johtuen usein kaataa aivan maata myöten niin, ettei minkäänlaista kantoa synny.

Mikäli juuren ja rungon yhtymäkohdan on katsottava olevan maan tasalla, seuraa tietenkin pieni lasku maanpinnan suhteen rungosta pois päin. Tällaista laskua tyvestä sanottakoon esim. 0.5 m:n mittakohtaan ei kuitenkaan voida pitää kaikille pintajuurille ominaisena. Jos juuren tyvi nim. on, vaikkapa parin cm:n syvyydellä, ei mitään laskua maanpinnan suhteen ensimmäisellä 0. 5 m:llä tapahdu. Jos taas juuri on tyvestään syvempänä, esim. 10 cm:n syvyydellä, on nousu yhtä mahdollinen kuin laskukin. Näytteeksi otettakoon tähän parin sellaisen koepuun pääpintajuurten tyvi- ja 0.5 m:n syvyysmitat, joilla juuren tyvi verraten usein yltää maanpintaan.

Juuren n:o — *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Koepuu II,1 *Sample tree II,1*	Tyven syvyys, cm *Depth at the base, cm*	—	—	9	—	—	7	12	6	2											
	Syvyys 0.5 m tyvestä, cm *Depth at 0.5 m from the base, cm*	2	2	10	1	3	8	8	3	8											
Koepuu II,2 *Sample tree II,2*	Tyven syvyys, cm *Depth at the base, cm*	1	6	—	4	5	—	4	10	2	—	11	12	22	22	18	10	20	20	15	6
	Syvyys 0.5 m tyvestä, cm *Depth at 0.5 m from the base, cm*	8	7	9	3	6	6	3	7	6	7	14	12	22	20	18	2	20	20	15	30

Vastapainona tälle juurenniskan kohoutumisen aiheuttamalle juuren tyvipään laskulle on mainittava, että varsinkin syvältä lähtevät pintajuuret usein pyrkivät järjestelmällisesti nousemaan pintaan. Tästä esimerkiksi otettakoon pari koepuuta, joista esitetään samat mitat kuin edellä.

Juuren n:o — *No. of root*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Koepuu XIX,1 *Sample tree XIX,1*	Tyven syvyys, cm *Depth at the base, cm*	7	8	10	10	15	10	14	35	33	34	60	57	50	15
	Syvyys 0.5 m tyvestä, cm *Depth at 0.5 m from the base, cm*	3	2	30	5	10	13	17	27	17	7	23	39	42	35
Koepuu XX,1 *Sample tree XX,1*	Tyven syvyys, cm *Depth at the base, cm*	—	14	6	3	6	5	9	12	12	10	17	29	30	35
	Syvyys 0.5 m tyvestä, cm *Depth at 0.5 m from the base, cm*	10	3	3	16	4	4	5	5	5	5	3	9	9	11

Jatkoa. — *Continued.*

Juuren n:o — *No. of root*		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Koepuu XX,1 *Sample tree XX,1*	Tyven syvyys, cm *Depth at the base, cm*	13	24	31	26	28	27	21	33	32	47	47
	Syvyys 0.5 m tyvestä, cm *Depth at 0.5 m from the base, cm*	9	13	16	16	26	20	14	20	33	40	42

Eräs ominaisuus, joka heti kiinnittää huomiota männyn pääpintajuurten tyviä tarkastettaessa, on niiden litteys. Läpimitta vertikaaliseen suuntaan on nim. yleensä paljon suurempi kuin horisontaalinen. Vaikka

tämä vaakasuorien juurten tyvilitteys lienee yleisesti tunnettu — senhän voi panna merkille jo tarkastamalla tuulen kaatamien puiden juurakoita — näkee siitä kirjallisuudessa hyvin harvoin edes mainintaa. VYISOTSKI (1906) on huomannut puheena olevan ominaisuuden tammen vaakasuorilla juurilla. CAJANDER mainitsee niin ikään »Metsänhoidon perusteissaan» viitaten etelämaiden aarniometsien eräiden puiden lankkumaisiin tukijuuriin, että »sinnepäin vivahtavia muodostuksia on meikäläisellä männyllä usein rämemailla». Samassa yhteydessä huomauttaa hän, että hyvin pitkien puiden suurimmat juuret kehittyvät tyvestään erittäin vahvoiksi muodostuen samalla korkeiksi ja sivuilta litistyneiksi voidakseen pienintä ainemäärää käyttäen saada aikaan parhaan tuen. KIRCHNER, LOEW & SCHRÖTERin teoksessa »Die Coniferen und Gnetaceen Mitteleuropas» annetaan (MAYRin mukaan) vain kuusta koskeva viittaus tähän suuntaan seuraavasti: »Anfänglich sind die Seitenwurzeln hypotroph, indem auf der Oberseite fast kein holz gebildet wird, später, wenn mit der Zeit das Gewicht des ganzen Stammes auf der Unterseite der flachstreichenden Wurzeln ruht, unterbleibt auf dieser die Holzbildung fast ganz, und die Wurzel geht zur Epitrophie über». Huomattakoon, että puheena olevassa teoksessa on kuitenkin kiinnitetty juuriin melkoista huomiota. Myös LIESE huomauttaa juurten epäkeskeisestä kasvusta lähellä puun tyveä.

Kun käsillä olevan tutkimuksen aineistoa ryhdyttiin kokoamaan, pisti juurten tyvilitteys kohta silmään, ja niinpä otettiinkin jo ensimmäisen koepuun juurten tyvimitat erikseen horisontaaliseen ja vertikaaliseen suuntaan. Tyvilitteys onkin niin yleistä, että ainoastaan muutamilla harvoilla aineistoon kuuluvilla pikku puilla sitä ei ollut huomattavissa. Käsityksen mainitusta yleisyydestä antaa seuraava taulukko. Siihen on sisällytetty kaikki ne koepuut, joiden horisontaalisesta juuristosta on tyvimittoja otettu sikäli, että voidaan katsoa niiden edustavan juuriston vahvinta osaa. Huomioon on tässä otettu vain pinnalliset juuret, sellaiset, joiden lähtökohta on enintään 21 cm:n syvyydellä, niin ikään vain tärkeimmät pääpintajuurista: niiden horisontaalisen tyviläpimitan tuli olla vähintään 20 % vahvimman juuren vastaavasta läpimitasta.

Koepuiden diam. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*		Puita, joiden pääpintajuurista alla olevat %-määrät olivat tyvestään litteitä (horis. läpim. < vertik. läpim.)[1] — *The distribution of trees according to the percentage of the main horizontal roots which were flattened at the base (horiz. diam. < vertic. diam.)*[1]					
		76—100%	51—75%	26—50%	1—25%	0%	Yhteensä *Total*
0—5	Absol.	3	4	4		4	15
	%	20.0	26.7	26.7		26.6	100
5—10	Absol.	14	4	2	1		21
	%	66.7	19.0	9.5	4.8		100
10—15	Absol.	3	5	1			9
	%	33.3	55.6	11.1			100
15—20	Absol.	7	3				10
	%	70.0	30.0				100
20—25	Absol.	4	1				5
	%	80.0	20.0				100
25+	Absol.	3		1	1		5
	%	60.0		20.0	20.0		100
Yhteensä *Total*	Absol.	34	17	8	2	4	65
	%	52.3	26.2	12.3	3.1	6.1	100

[1]) Huomioon otettujen juurten syvyys tyven kohdalta enintään 21 cm, niiden horisontaalinen tyviläpimitta vähintään 20 % vahvimman juuren vastaavasta läpimitasta. — *The depth of the observed roots at the base was 21 cm at most, their horizontal base diameter being at least 20 % of the corresponding diameter of the thickest root.*

Taulukko osoittaa, että n. 3/4:lla tutkituista puista oli yli puolet tärkeimmistä pintajuurista tyvestään litteitä. Pieniprosenttisiin ryhmiin kuuluu etupäässä pieniä puita, joskin niissä myös on pari suurimman läpimittaluokan edustajaa. Huomattakoon, että jo 5—10 cm:n vahvuisista puista enemmistö kuuluu suuriprosenttisiin ryhmiin. Taulukon puista on kuusia 8 ja koivuja 2. Niiden sijoitus ei ole millään tavoin männyistä poikkeava.

Jonkin puun pienet pintajuuret ovat yleensä harvemmin litteitä kuin suuret, joskin niilläkin väliin on lautamaisia tyviä. M.m. oli eräs näitä pieniä juuria (horis. läpim. alle 20 % suurimman juuren vastaavasta läpimitasta) siinä määrin litteä, että vaakasuora läpimitta oli pystysuorasta vain 22.8 %, jota pienempää litteysprosenttia ei ole yleensä huomattu.

— Nämä pienet juuret jätettiin pois luvusta sen takia, että kaikkien koepuiden juuria ei mittauksessa ole yhtä tarkasti otettu huomioon.

Tarkasteltaessa syvältä lähteviä vaakasuoria juuria huomataan, että ne ovat harvemmin tyvestään litteitä kuin ne, jotka saavat alkunsa läheltä maanpintaa. Tätä selventää seuraava yhdistelmä.

Puita, joiden juuria taulukko käsittelee *Trees, the roots of which are dealt with in the table*	22 cm:n syvyydeltä tai syvemmältä lähtevät horisontaaliset juuret *The horizontal roots beginning at a depth of 22 cm or deeper*			
		Juurten luvusta oli — *Of the number of roots there were*		
		tyveltään vertikaaliseen suuntaan litistyneitä *flattened at the base in vertical direction*		tyveltään pyöreitä tai muuhun suuntaan litistyneitä *round at the base or flattened in another direction*
	Juurten luku *Number of roots*	runsaasti (horis. diam. vert:sta alle 65 %) *to a great extent (horiz. diam. below 65 % of vertic. diam.)*	lievästi (horis. diam. vert:sta 65 % tai enemmän) *moderately (horiz. diam. 65 % or more of vertic. diam.)*	
25	119	21	39	59
	100%	50.4%		49.6%

Nähdään, että jotenkin tasan saman verran puheena olevista juurista oli pyöreitä kuin vertikaaliseen suuntaan litistyneitäkin. Viimeksi mainituista taas oli 65 % lievästi ja 35 % runsaasti litistyneitä.

Että läheltä maanpintaa lähtevistä vaakasuorista juurista suurin osa on litteitä, kävi jo edellä selville. Vertaus syvältä lähteviin käy helpommaksi, jos esitetään samanlainen taulukko kuin niistäkin.

Puita, joiden juuria taulukko käsittelee *Trees, the roots of which are dealt with in the table*	Enintään 21 cm:n syvyydeltä lähtevät horisontaaliset juuret *The horizontal roots beginning at a depth of 21 cm at most*			
		Juurten luvusta oli — *Of the number of roots there were*		
		tyveltään vertik. suuntaan litistyneitä *flattened at the base in vertical direction*		tyveltään pyöreitä tai muuhun suuntaan litistyneitä *round at the base or flattened in another direction*
	Juurten luku *Number of roots*	runsaasti *to a great extent*	lievästi *moderately*	
65	512	163	200	149
	100%	70.9%		29.1%

Kuten näkyy, on tyveltään pyöreitä paljon pienempi %-määrä kuin syvältä lähtevistä juurista, jonka *lisäksi pinnalliset juuret ovat yleensä enemmän litistyneitä*; 55.1 % on lievästi ja 44.9 % runsaasti litteitä. Selvästi on merkille pantavissa, etteivät siis vain pinnalta lähtevät juuret muodostu lautamaisiksi, joskin mainittu ominaisuus vähenee syvälle käsin. Tämä huomataan paitsi edellisistä taulukoista myös tarkkaamalla jonkin puun horisontaalisten juurten tyvimittoja pinnalta syvälle päin. Tällöin saadaan hyvin yleisesti seuraavanlaisia sarjoja.

	Juuren n:o — *No. of root*	1	10	13	9	5	11	4	2	7	6	14	3
Koepuu XV,1 *Sample tree XV,I*	Tyven syvyys, cm *Depth at the base, cm*	3	3	3	4	8	10	11	12	13	15	16	20
	Horis. tyvidiam. % vertik:sta *Horiz. base diam. in % of vertic. diam.*	52	90	54	49	68	76	53	43	49	100	56	63

Jatkoa. — *Continued.*

	Juuren n:o — *No. of root*	8	12	15	21	18	24	16	19	22	23	20	25
Koepuu XV,1 *Sample tree XV,I*	Tyven syvyys, cm *Depth at the base, cm*	21	25	25	28	29	32	36	40	40	56	57	60
	Horis. tyvidiam. % vertik:sta *Horiz. base diam. in % of vertic. diam.*	77	71	64	68	100	100	70	62	100	117	100	100

Vaikka tuntuviakin poikkeuksia puoleen ja toiseen sattuukin, on kyseessä olevalla %-luvulla kuitenkin selvästi nouseva suunta syvyyden lisääntyessä.

Juurten litistymisaste näyttää olevan riippuvainen myös puun koosta. Tämän osoittaa seuraava, läheltä pintaa (enintään 21 cm:n syvyydeltä) lähteviä horisontaalisia juuria koskeva yhdistelmä.

Kuten edellä jo on mainittukin, saattaa juurten tyvilitteys olla melkoinen. Mainittakoon muutamia esimerkkejä. On tavattu seuraavia litistymistä osoittavia (horis. läpim. vertikaalisesta) prosentteja: 22.8 (koep.

Koepuiden diam. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	Enintään 21 cm:n syvyydeltä lähtevistä litteistä horis. juurista oli *Of the flattened horizontal roots beginning at a depth of 21 cm at most there were*					
	runsaasti litistyneitä *flattened to a great extent*		lievästi litistyneitä *moderately flattened*		Yhteensä *Total*	
	Absol.	%	Absol.	%	Absol.	%
0—5	7	17.9	32	82.1	39	100
5—10	35	35.4	64	64.6	99	100
10—15	33	44.6	41	55.4	74	100
15—20	42	54.5	35	45.5	77	100
20—25	34	77.3	10	22.7	44	100
25+	12	40.0	18	60.0	30	100
Yhteensä — *Total*	163	44.9	200	55.1	363	100

VI, 1); 32.5, 38.2 (koep. III, 3); 40.0, 41.7, 42.6 (koep. XXII, 1); 40.0 (koep. XXVII, 1), 40.9, 41.9 (koep. XXVIII, 1).

Horisontaalisten juurten sivujuuretkin voivat olla tyvestään litteitä, milloin ne saavat alkunsa läheltä puun tyveä.

Pintajuuret ovat toisinaan myös horisontaaliseen suuntaan litistyneitä. Joskaan tämä ei ole mikään harvinainen ilmiö, esiintyy se aivan säännöttömästi ja on useimmiten joko toisten juurten tai kivien puristuksen aiheuttama.

Puheena oleva pintajuurten vertikaalinen tyvilitteys ei ulotu kauas puusta. Seuraavan sivun ensimmäinen taulukko on omiaan valaisemaan asiaa.

N ä h d ä ä n, e t t ä t y v i l i t t e y s h y v i n y l e i s e s t i p ä ä t t y y e n n e n 1.5 m:n m i t t a k o h t a a j a u l o t t u u a n i h a r v o i n 3 m:ä p i t e m m ä l l e. Mainittakoon vielä, että niistä 94 juuresta, joiden litteys ulottuu yli 0.5 m:n, mutta ei 1.5 m:iin, on lähes 75 % jo 1 m:n kohdalla pyöreitä, mutta kun kaikista juurista ei ole mittauksia 1 m:n kohdalta, ei lukua ole saatu taulukossa näkyviin.

P i n t a j u u r e t k a p e n e v a t y l e i s e s t i p a l j o n n o p e a m m i n v e r t i k a a l i s e e n l ä p i m i t t a a n n ä h d e n k u i n h o r i s o n t a a l i s e e n. Tästä seuraa juurten nopea pyöristyminen. On laskettu 101 sellaisen pintajuuren kapeneminen, joiden tyvilitteys ulottui ainakin 0.5 m:n mittakohtaan asti. Vertikaalisen läpimitan huo-

Niiden koepuiden luku, joiden juurista taulukko sisältää tietoja *Number of the sample trees the roots of which are dealt with in the table*	Koepuiden diam. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	Enintään 21 cm:n syvyydeltä lähteviä pintajuuria, joiden tyvilitteys *Horizontal roots, beginning at a depth of 21 cm at most, the base flattening of which*									
		ei ulottunut 0.5 m:n etäisyyteen tyvestä *did not reach 0.5 m from the base*		ulottui 0.5 m:n, mutta ei 1.5 m:n etäisyyteen tyvestä *reached 0.5 m, but not 1.5 m from the base*		ulottui 1.5 m:n, mutta ei 3 m:n etäisyyteen tyvestä *reached 1.5 m, but not 3 m from the base*		ulottui 3 m:n, mutta ei 5 m:n etäisyyteen tyvestä *reached 3 m, but not 5 m from the base*		Yhteensä *Total*	
		Absol.	%	Absol.	%	Absol.	%	Absol.	%	Absol.	%
56	0—5	30	93.8	2	6.2	—	—	—	—	32	100
(Näistä 6 kuusta ja 2 koivua)	5—10	53	60.3	28	31.8	7	7.9	—	—	88	100
	10—15	52	73.3	14	19.7	5	7.0	—	—	71	100
(Of these 6 spruces and 2 birches)	15—20	35	50.7	26	37.7	8	11.6	—	—	69	100
	20—25	10	27.8	17	47.2	9	25.0	—	—	36	100
	25+	13	48.2	7	25.9	6	22.2	1	3.7	27	100
Yhteensä — *Total*		193	59.8	94	29.1	35	10.8	1	0.3	323	100

mattiin 79 tapauksessa vähentyneen enemmän kuin horisontaalisen, 1 tapauksessa oli väheneminen sama kumpaankin suuntaan ja 21 tapausta osoitti vaakasuoran läpimitan suurempaa vähenemistä; näistäkin oli puolet sellaisia, joiden kapenemisprosentti vain hieman erosi vastaavasta toisen läpimitan prosentista. Kapeneminen 1 m:iin asti osoitti niin ikään selvästi vertikaalisen läpimitan nopeampaa vähenemistä. Tapauksia on 21, niistä vain yksi poikkesi yleisestä suunnasta. Alla oleva taulukko

Koepuu, diam. 1.3 m kork. *Sample tree, diam. at 1.3 m height*	Mittakohdat *Points of measurement*	Vaakasuorien juurten (I, II...) — *Horizontal roots' (I, II...)*													
		I		II		III		IV		V		VI		VII	
		horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*	horis. *horiz.*	vertik. *vertic.*
		läpimitta % vastaavasta tyviläpimitasta *diameter in percentage of corresponding base diameter*													
XVIII,1	0.5 m	56.1	43.4	45.0	46.1	69.6	42.3	71.4	35.2	63.1	43.7				
14.7 cm	1.0 m	21.9	19.1												
XVI,1	0.5 m	60.3	47.2	60.1	35.6	67.0	45.2	70.4	44.2						
16.7 cm	1.0 m	36.2	22.7												
XV,1	0.5 m	69.9	47.7	57.8	35.2	42.1	31.1	59.3	39.2	42.9	45.3	42.4	29.6	59.0	41.6
22.2 cm	1.0 m	35.9	20.6			28.1	18.9			35.8	25.8			27.4	15.7

esittää kolmen koepuun litteiden pintajuurien kapenemista, mikäli litteys on ulottunut 0.5 m:n tai 1 m:n mittakohtaan asti.

Juuri muodostuu litteäksi siten, että se kasvattaa leveämpiä lustoja ylös- kuin alas- ja sivuille päin. Ydin jää näin ollen lähelle juuren alapintaa. Vaikkakaan tätä seikkaa ei erikoisesti tutkittu, saattoi sen panna merkille juuria katkaistaessa.

Juurten tyvilitteyttä pidetään keinona, jota puu käyttää kehittääkseen maanpäällisen osan jalustan lujaksi tuulta kestämään. Mutta puun kiinnittämisestä ja pystyssä pitämisestä huolehtii, kuten tunnettua, myös paalujuuri ja keskussyväjuuristo kokonaisuudessaankin. Voisi näin ollen ajatella, että tyvilitteys olisi huomattavin sellaisilla puilla, joilta paalujuuren suoma vankka tuki puuttuu. — Tällaisia puita on mäntyjenkin joukossa verraten paljon, kuten tuonnempana selvitetään. Otettakoon ensinnä tarkastettavaksi suolla kasvavat männyt, joille on ominaista syväjuuriston puuttuminen. Varsinaisella rämeellä kasvavia puita kuuluu aineistoon kaksi (koepuut XXVIII, 1 ja XXIX, 1). Molempien kaikki tärkeimmät pintajuuret ovat tyvestään litteitä. Edellisellä, joka kasvoi kuivumattomalla rämeellä, oli litteys runsaampaa (pääpintajuurten horis. tyvidiam. alle 50 % vertikaalisesta). Vielä käsittää aineisto pari verraten kuivalla turvemaalla kasvanutta mäntyä (XXI, 1 ja XXI, 2). Niiden tärkeimmistä pintajuurista oli vastaavasti 71 % ja 75 % tyvestään litteitä, vaikkakaan ei yleensä runsaasti. Mitä vetisempi suo on ja mitä huonomman kiinnityspinnan se puulle tarjoaa, sitä litteäjuurisempi jalusta sille näyttää kehittyvän, mikä täysin pitää yhtä siv. 225 mainitun CAJANDERin huomion kanssa. — Tyypillisin savimaan juuristo (koepuu VI, 1), jolta vertikaalinen osa kokonaan puuttui, käsitti vain 67 % litteitä juuria, mutta 3/4:lla esiintyi puheen alainen ominaisuus varsin huomattavana. Toisen, verraten laakajuurisen, savisen morenimaan puun (XVIII, 1) pintajuurista oli 89 % tyvestään litteitä. Savimaan puut eivät osoita täysin selvää suhtautumista käsillä olevaan kysymykseen.

Otettakoon seuraavassa käsiteltäviksi muutkin aineiston mäntykoepuut, joista tarpeellisia tietoja on saatavissa. Muodostetaan kaksi ryhmää,

ensimmäiseen kuuluvat ne puut, joilla on paalujuuri tai vankka keskussyväjuuristo, toiseen taas ne, joilta paalujuuri puuttuu tai keskussyväjuuristo on heikko. Pari välittävää tyyppiä edustavaa koepuuta on jätetty pois. Yhdistelmä siv. 233 näyttää, mitkä koepuut on mihinkin ryhmään luettu sekä montako % tärkeimmistä pääpintajuurista (heikoimman mukaan luetun horis. läpimitan tuli olla vähintään 20 % vahvimman vastaavasta mitasta) oli vertikaaliseen suuntaan litteitä. Puut on lueteltu rinnankorkeusläpimitan mukaan pienimmästä alkaen.

Pois luvusta ovat jätetyt koepuut XI, 1 ja XXII, 1 (litteiden juurten %:t 64 ja 100), joita ei juuriston mukaan voinut viedä kumpaankaan puheena olevista ryhmistä. Koepuiden VIII, 1 ja 2 sekä IX, 1 kaikista pintajuurista ei ole tyvimittoja, mutta 1 m:n etäisyydellä rungosta otetut mitat osoittavat, että litteys on yleistä. Prosenttimääräksi on näille puille merkitty 84, jotta ne eivät ainakaan alentaisi ryhmänsä keskimäärää toiseen ryhmään verrattuna.

Kyseessä olevien taulukkojen keskimääräisissä prosenteissa on melkoinen ero, joka osoittaa, että niiden puiden pintajuuret ovat yleisemmin litteitä, joilta paalujuuri puuttuu eikä muutakaan vankkaa syväjuuristoa ole.

Jos huomioon ottamatta jätetään turvemaiden männyt sekä ne koepuut, joiden rinnankorkeusläpimitta on alle 5 cm:n, poistuu ensimmäisestä ryhmästä 6 ensimmäistä ja toisesta ryhmästä kolme ensimmäistä koepuuta sekä lisäksi seuraavat: XXIX,1, XXI,2, XXVIII,1 ja XXI,1. Täten saatu aineisto on yhtenäisempi sikäli, että vain kangasmaiden puita verrataan keskenään, ja toiseksi ovat poissa pienet puut, joilla juurten litteys, kuten on nähty, esiintyy lievempänä. (Kuitenkin mainittakoon, että pienten puidenkin prosentit edustavat samaa suuntaa, joka isommilla on vallitsevana.) Jos vielä jätetään syrjään poikkeuksellisen pyöreäjuurinen puu XIII, 1 ja lasketaan litteiden juurien keskimääräiset prosenttimäärät, saadaan ensimmäiselle ryhmälle 75 % ja jälkimmäiselle 86 %, siis sama suhde kuin edellä, vaikka heikompana. Kangasmaidenkin mäntyjen pintajuuristo on siis tyvestään yleisemmin litteä silloin kuin paalujuuri puuttuu eikä muutakaan syväjuuristoa ole.

Puut, joilla on paalujuuri tai muutoin vankka syväjuuristo — *Trees with a tap root or strong vertical root system*

Koealan ja koepuun n:o *No. of sample plot and sample tree*	XXVII 3	XIII 3	XXVII 5	XIII 4	I 1	XII 2	XVIII 3	XXXII 1	XXXII 2	XX 2	XII 1	XXVI 1	XXX 1	II 7	II 4	VIII 2	IV 2
Litteiden juurten %-määrä *Flattened roots in % of all roots*	67	—	40	33	50	—	80	83	75	50	22	83	100	33	46	84	71
Koealan ja koepuun n:o *No. of sample plot and sample tree*	VI 5	II 2	XIII 2	XX 1	XVII 1	XXIII 1	VIII 1	XXV 1	V 1	III 2	III 3	XV 1	IX 1	III 1	XIII 1	XIX 1	XXXIII 1
Litteiden juurten %-määrä *Flattened roots in % of all roots*	87	65	56	77	87	61	84	78	92	78	80	86	84	81	8	78	100

Koepuiden luku *Number of sample trees*	34
Litteitä juuria keskimäärin % *Flattened roots in average % of all roots*	65

Puut, joilta paalujuuri puuttuu tai joilla on heikko syväjuuristo — *Trees without a tap root or with a poor vertical root system*

Koealan ja koepuun n:o *No. of sample plot and sample tree*	XXXI 1	XXVII 2	XXVII 1	XXIX 1	XXI 2	XVII 2	XXVII 6	XXVII 4	II 3	IV 1	II 1	XXVIII 1	IV 3	XXI 1	XVIII 1	VI 1	XVI 1
Litteiden juurten %-määrä *Flattened roots in % of all roots*	57	75	75	100	75	100	100	100	100	80	73	100	86	71	89	67	78

Koepuiden luku *Number of sample trees*	17
Litteitä juuria keskimäärin % *Flattened roots in average % of all roots*	84

Puut, joilla on paalujuuri tai muuten vankka syväjuuristo — *Trees with a tap root or strong vertical root system*

Koealan ja koepuun n:o *No. of sample plot and sample tree*	XVIII 3	XXXII 1	XXXII 2	XX 2	XII 1	XXVI 1	XXX 1	II 7	II 4	IV 2	VI 5	II 2	XIII 2
Vahvimman pintajuuren horis. tyviläpim. % puun läpim:sta 1.3 m kork. *The horiz. base diam. of the thickest horiz. root in % of breast height diam. of the tree*	55	54	66	55	45	47	64	52	33	66	44	41	78
Koealan ja koepuun n:o *No. of sample plot and sample tree*	XX 1	XVII 1	XXIII 1	XXV 1	V 1	III 2	III 3	XV 1	III 1	XIII 1	XIX 1	XXXIII 1	
Vahvimman pintajuuren horis. tyviläpim. % puun läpim:sta 1.3 m kork. *The horiz. base diam. of the thickest horiz. root in % of breast height diam. of the tree*	59	59	51	57	49	42	47	55	46	41	58	58	

Koepuiden luku *Number of sample trees*	25
Vahv. pintajuuren hor. tyviläpim. keskim. % puun läpim:sta 1.3 m kork. *The horiz. base diam. of the thickest horiz. root in average % of breast height diam.*	53

Puut, joilta paalujuuri puuttuu tai joilla on heikko syväjuuristo — *Trees without a tap root or with a poor vertical root system*

Koealan ja koepuun n:o *No. of sample plot and sample tree*	XXIX 1	XXI 2	XVII 2	XXVII 6	XXVII 4	II 3	IV 1	II 1	XXVIII 1	IV 3	XXI 1	XVIII 1	VI 1	XVI 1
Vahvimman pintajuuren horis. tyviläpim. % puun läpim:sta 1.3 m kork. *The horiz. base diam. of the thickest horiz. root in % of breast height diam. of the tree*	127	146	82	79	67	78	88	73	66	70	113	56	61	56

Koepuiden luku *Number of sample trees*	14
Vahv. pintajuuren hor. tyviläpim. keskim. % puun läpim:sta 1.3 m kork. *The horiz. base diam. of the thickest horiz. root in average % breast height diam.*	83

P a a l u j u u r e t t o m a t p u u t k e h i t t ä v ä t »j a l u s t a a n-s a» t o i s e l l a k i n t a v o i n k e s t ä v ä k s i. V o i d a a n n i m. p a n n a m e r k i l l e, e t t ä m a i n i t u n l a i s t e n p u i d e n p i n-t a j u u r e t o v a t t y v e s t ä ä n s u h t e e l l i s e s t i p a k s u m-p i a k u i n s e l l a i s t e n, j o i t a v a n k k a s y v ä j u u r i s t o s i t o o l u j a s t i m a a h a n. Tämä huomataan esim. vertaamalla vahvimman pintajuuren vaakasuoraa läpimittaa puun rinnankorkeusläpimittaan. Edellisen sivun taulukot osoittavat mainittujen suureiden prosenttista suhdetta. Syväjuuriston laadun mukaan on muodostettu kaksi ryhmää. Koepuista on jätetty pois sellaiset, joiden rinnankorkeusläpimitta ei ole 5 cm:ä. Puut seuraavat toistaan taulukossa juuri mainitun läpimitan suuruuden mukaan alkaen pienimmästä.

Taulukot osoittavat selvästi, että vahvin pintajuuri ensimmäisen ryhmän puilla keskimäärin on melkoista ohuempi kuin toisen ryhmän verrattuna puun rinnankorkeusläpimittaan. — Keskimääräisten prosenttien eroa suurentavat melkoisesti turvemailta otetut koepuut, joiden vahvin juuri 3:ssa tapauksessa 4:stä oli horisontaaliselta läpimitaltaan paksumpi kuin puu rinnantasalta. Jos nämä neljä koepuuta jätetään laskuista pois, saadaan toisen ryhmän keskimääräiseksi prosentiksi 71. Kun edellisen ryhmän vastaava prosentti pysyy ennallaan 53:na, voidaan vieläkin merkitä varsin huomattava ero. Nähdään siis, ettei puheena oleva ominaisuus, paalujuurettomien puiden pintajuurien vahvemmuus suinkaan esiinny yksinomaan suomännyillä.

Tuntuu luonnolliselta, että tuulilla olisi vaikutusta myös siihen nähden, minkä suunnan puoleiset pintajuuret kehittyvät tyvestään paksuimmiksi. Tämän selvittämiseksi on otettu tarkastelun alaiseksi ne 52 koepuuta, joita puheena olevan asian kannalta voidaan käyttää hyväksi. Puista oli kuusia 6 ja koivuja 1. Kustakin puusta merkittiin, miltä puolen kolme vahvinta pintajuurta sai alkunsa. Tuloksen osoittaa seuraava taulukko.

V o i d a a n h e t i p a n n a m e r k i l l e, e t t ä m u i t a l u-k u i s a m m i n o l i p a k s u j a j u u r i a k a a k o n j a k o i l l i-s e n p u o l e l l a. M y ö s s a t t u i n ä i l l e s u u n n i l l e t a v a l-

	Kolme horis. läpimitan mukaan tyvestään vahvinta pintajuurta sai alkunsa eri suunnilta seuraavasti *The thickest three horiz. roots according to horiz. base diameter starting from different directions as follows*							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Juurten luku *Number of roots*	11	**30**	7	**34**	17	19	17	21
Juurista oli / *Of the roots the following were*: vahvimpia, % *thickest, in %*	27.3	50.0	42.8	32.4	23.6	26.3	35.3	23.8
toiseksi vahvimpia, % *next thickest, in %*	18.2	20.0	14.3	47.0	41.7	31.6	35.3	23.8
kolmanneksi vahvimpia, % *third thickest, in %*	54.5	30.0	42.9	20.6	35.0	42.1	29.4	52.4
Yhteensä, % *Total, %*	100	100	100	100	100	100	100	100

lista runsaammin vahvimpia tai toiseksi vahvimpia juuria. Juurten vahvemmuuden koillisen puolella selittää lounaistuulten yleisyys, onhan tuulen vastainen puoli tuen tarpeessa. Sen sijaan oli odottamatonta kaakon puoleisten juurten paksuus, joka taulukon mukaan on vielä ilmeisempi kuin koillisen puolella olevien. Ajateltavissa on, että tämän »hiljaisen puolen» juuret, joilla on hyvä tilaisuus kehittää pituuttaan, kuten sivulla 217 on osoitettu, myös rauhassa kehittäisivät paksuutta tavallista runsaammin. Kuitenkin vaikuttaa asiaan toinenkin syy. Vastaisen suunnan, luoteen puoleiset tuulet eivät nim. ole lainkaan harvinaisia. JOHANSSONin laatiman, Helsinkiä, Tamperetta ja Oulua koskevan yhdistelmän mukaan (vrt. CAJANDER: Metsänhoidon perusteet I) ovat luoteistuulet kesällä yhtä yleisiä kuin lounaistuuletkin. BONSDORFFin (1917) mukaan taas ovat luoteismyrskyt Kajaanissa olleet myrskyistä lukuisimmat vv. 1889—1908. Edelleen mainittakoon, että Suomen Maantieteellisen Seuran kartaston tekeillä olevan uuden painoksen asianomainen kartta[1] osoittaa luoteistuulen kesäisin vallitsevaksi Pielisjärven tienoilla.

[1] Kyseessä olevan karttalehden on toht. KERÄNEN ystävällisesti antanut käytettäväkseni.

Vielä on otettu tarkastettavaksi, onko pintajuurten tyvilitteydellä ja vallitsevien tuulten suunnilla yhteyttä keskenään. Tätä varten merkittiin, miltä puolen puuta lähti kolme litteintä pintajuurta. Kysymykseen tuli 44 koepuuta, joista 4 kuusta ja 1 koivu. Pienimmistä puista (rinnantasalta alle 5 cm) merkittiin vain yhden juuren asema. Seuraava taulukko osoittaa tulokset.

		Kolme tyvestään litteintä horis. juurta sai alkunsa eri suunnilta seuraavasti *The three horiz. roots most flattened at the base starting from different directions as follows*							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Juurten luku *Number of roots*		13	17	7	15	7	**19**	11	**27**
Juurista oli *Of the roots the following were*	litteimpiä, % *most flattened, in %*	30.8	58.8	14.3	26.7	28.6	63.2	45.4	18.5
	toiseksi litteimpiä, % *next most flattened, in %*	30.8	11.8	42.9	46.6	42.8	15.8	36.3	40.7
	kolmanneksi litteimpiä, % *third most flattened, in %*	38.4	29.4	42.8	26.7	28.6	21.0	18.3	40.8
Yhteensä, % *Total, %*		100	100	100	100	100	100	100	100

Silmäys taulukkoon osoittaa, että litteimpiä juuria enimmän tavataan päinvastaisella puolen puuta kuin paksuimpia. Tämä ilmiö on epäilemättä yhteydessä sen erilaatuisen rasituksen kanssa, jonka tuuli aiheuttaa vastakkaisilla puolin puuta oleville juurille. Taulukosta mainittakoon vielä, että luoteen puolella on runsaasti toiseksi ja kolmanneksi litteimpiä juuria, kun taas lounaan puolella enin osa on litteimpiä, mikä kohottaa osittain tälle puolen sattuneiden juurten merkitystä. Seuraava yhdistelmä on tarkoitettu helpottamaan kahden viimeksi esitetyn taulukon vertailua. Siihen on otettu kummastakin neljä yleisimmin edustettua suuntaa.

Suunta *Direction*	Tyvestään vahvimpia juuria *The roots thickest at the base*	Tyvestään litteimpiä juuria *The roots most flattened at the base*	Suunta *Direction*
SE	34	27	NW
NE	30	19	SW
NW	21	15	SE
SW	19	17	NE

Tyvilitteyttä kuvaavina esitetään vielä tämän sivun ensimmäisessä taulukossa esiintyvien juurten keskimääräiset litteysprosentit ilmansuuntien mukaan.

	Samat juuret kuin sivun 237 taulukossa *The same roots as in the table on page 237*							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Juurten luku *Number of roots*	13	17	7	15	7	19	11	27
Tyven horis. läpim. % vertik:sta keskim. *The horiz. base diam. in average % of corresponding vertic. diam.*	57	56	60	59	64	54	60	63

Männyn pintajuuret kapenevat verraten nopeasti tyvestä lähtien. Edellä on jo puhuttu siitä, että vertikaalinen läpimitta vähenee nopeammin kuin horisontaalinen. Että jälkimmäinenkin pienenee huomattavasti jo varsin lähellä puuta, selviää seuraavan sivun ensimmäisestä taulukosta.

Ne ainoat taulukkoon sisältyvistä koepuista (kaikki mäntyjä), jotka ulottivat 3 cm:n vahvuisia juuria melko pitkälle, olivat hyvin vanhoja, yksikseen kasvaneita puita (koepuut VII, 1 ja XIV, 1).

Prosenteissa lausuttuna antaa kapenevaisuudesta käsityksen seuraava taulukko, jonka luvut ovat lasketut huomioon ottaen vain tärkeimmät juuret (pienimmän mukaan luetun juuren horis. tyviläpimitta oli vähintään

Ainakin yksi määrävahvuinen horis. juuri ulottui alla olevien matkojen etäisyyteen tyvestä lukien *At least one horiz. root reached the distances mentioned below counted from base, the diameter being fixed (5, 10, 20 or 30 mm)*	Koepuita, läpim. 1.3 m kork., cm *Sample trees with breast height diameter in cm*					
	< 5	5—10	10—15	15—20	20—25	25+
	joiden horis. juurista jokin ulottui sivulle mainittujen matkojen etäisyyteen tyvestään läpimitan ollessa vähintään *of whose horiz. roots some reached the distances mentioned to the left, the diameter being at least*					
	5 mm	10 mm		20 mm		30 mm
< 0.5 m	1					
0.5 m mutta ei *but not 1 m*	2	5				
1 m » » » » *3 m*	3	7	2	6	1	2
3 m » » » » *5 m*	1	3	1	2	2	1
5 m » » » » *7 m*			1			
7 m » » » » *9 m*			2			
9 m » » » » *11 m*						1
11 m » » » » *13 m*						
13 m » » » » *15 m*						1
15 m » » » » *17 m*						

20 % puun vahvimman juuren vastaavasta läpimitasta); niin ikään on pois luvusta jätetty ne juuret, joiden lähtökohta oli 21 cm:ä syvemmällä.

Koepuiden läpim. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	Koepuiden luku *Number of sample trees*	Juurten horis. läpim. keskim. % niiden vastaavasta tyviläpimitasta alla mainittujen etäisyyksien päässä tyvestä *The horiz. diam. of roots on an average in % of their corresponding base diam. at the distances from the base below mentioned*		
		0.5 m	1 m	3 m
0—5	8	32	22	15
5—10	15	43	25	17
10—15	7	46	29	18
15—20	8	53	32	14
20—30	6	56	38	17
30+	3	69	52	33

Huomataan, että juurten kapeneminen tyvestä 0.5 m:n ja 1 m:n mittakohtiin on sitä vähäisem-

pää, mitä suuremmat puut ovat kyseessä. Kolmen metrin mittakohtaa koskevat luvut eivät osoita yhtä selvää suuntaa. Prosenttien nousu on verraten hidasta, ja jos jätetään pois laskuista pienin ja suurin läpimittaluokka, saadaan jotenkin yhtenäinen sarja, jonka ensimmäiset keskiarvot ovat 48 (0.5 m:n mittakohta) ja 30 (1 m:n mittakohta).

Läpimittaluokkien puitteissa on kapenemista osoittavien prosenttien vaihtelu verraten vähäistä, mikäli on kyseessä 0.5 m:n mittakohta. Muuttuvaisempia ovat 1 m:n ja varsinkin 3 m:n mittakohtien prosenttiluvut, niissä kun juurten pituuksien vaikutus tuntuu enemmän kuin lähempänä tyveä. Seuraava yhdistelmä osoittaa erään läpimittaluokan (5—10 cm) eri puiden vaakasuorien juurten kapenevaisuuden.

Koepuiden läpim. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	Mittakohdan välimatka tyvestä *Distances of the points of measurement from the base*	Juurten horis. läpim. keskim. % niiden vastaavasta tyviläpimitasta sivulla mainituilla etäisyyksillä tyvestä *The horiz. diam. of roots on an average in % of their corresponding base diam. at the distances from the base mentioned in previous column*														
		Koealan a koepuun n:o — *No. of sample plot and sample tree*														
		II 1	II 3	II 7	IV 1	XII 1	XVIII 3	XX 2	XXI 2	XXVII 4	XXVII 6	XXVIII 1	XXIX 1	XXX 1	XXXII 1	XXXII 2
5—10	0.5 m	48	55	49	49	52	40	35	42	39	26	64	42	37	28	36
	1 m	27	24	31	25	18	29	27	.	.	.	.	.	24	18	23
	3 m	19	9	24	20	.	10	18	.	.	.	.	.	18	—	4

Yhden ja kolmen metrin mittakohtien riveiltä puuttuu lukuja osaksi siitä syystä, että juuret eivät ole yltäneet näin kauas, mutta useimmin sen takia, että mitat on otettu 1.5, 2.5, 3.5 m:n kohdilta, joten niitä ei tässä voida käyttää. Tästä selviää myös, että edellisen taulukon eri mittakohtien keskiarvot eivät edusta samaa määrää puita.

Vaakasuorien juurten kapenevaisuus ei suurestikaan vaihtele metsätyypin mukaan, kuten selviää seuraavasta taulukosta, jonka luvut koskevat kaikkia koepuita paitsi alle 5 cm:n ja yli 30 cm:n läpimittaisia rinnankorkeudelta.

Vertaamalla prosenttilukuja ja vastaavia koepuiden keskimääräisiä läpimittoja voidaan kuitenkin päätellä, että kanervatyypin luvut olisi-

Taulukossa kysymykseen tulevien koepuiden rinnankorkeusläpimitta vaihtelee 5—30 cm:iin, niiden luku on 34 *The breast height diam. of the sample trees dealt with in this table varies 5—30 cm; their number is 34*	Juurten horis. läpim. keskim. % vastaavasta tyviläpimitasta alla mainituilla metsätyypeillä ja etäisyyksillä tyvestä *The horiz. diam. of roots on an average in % of their corresponding base diam. on forest types and at distances from the base mentioned below*								
	MT, OMT, OT			VT			CT		
	0.5 m	1 m	3 m	0.5 m	1 m	3 m	0.5 m	1 m	3 m
	51	32	14	44	25	15	50	33	19
Keskiarvoa muodostavien koepuiden luku *The number of trees constituting the average value*	11	8	6	11	10	8	12	9	8
Keskiarvoa muod. puiden keskim. diam. 1.3 m kork., cm *The mean breast height diam. of trees constituting the average value, cm*	15.3	15.8	17.7	12.9	12.7	14.1	12.8	13.9	12.5

vat isompia kuin muut, jos sitä edustavien koepuiden koko olisi suurempi. Tämä seikka selviää, jos prosenttiluvut jaetaan keskiläpimitoilla, jolloin saadaan seuraavat sarjat.

MT, OMT, OT			VT			CT		
0.5 m	1 m	3 m	0.5 m	1 m	3 m	0.5 m	1 m	3 m
3.32	2.02	0.79	3.40	1.97	1.07	3.90	2.37	1.52

Näin saatu tulos on täysin sopusoinnussa sen kanssa, mitä seuraavassa esitetään juurten pituuksista eri metsätyypeillä.

PINTAJUURISTON YKSITYISTEN JUURTEN PITUUS JA YHTEINEN PITUUSSUMMA.

Pisimmät männyn pintajuuret kehittyvät hiekkamailla. Suurimmat tavatut pituusmitat ovat 23.5, 22.0 (VII, 1), 19.5 (XIV, 1) ja 17.0 m (XV, 1). Tietenkään ei ole mahdotonta, että jonkin verran pitempiäkin juuria on olemassa. Mainittakoon kuitenkin, että koepuiden VII, 1 ja XIV, 1 olosuhteet olivat mahdollisimman suo-

tuisat pitkien juurten muodostumiselle. Kirjallisuudessa mainitaan usein pitkistä männyn juurista laihalla hiekkamaalla. Verrattakoon esim. TH. HARTIGin ja DANCKELMANNin sivuilla 3 ja 4 siteerattuja tiedonantoja. Mikäli mittoja oppi- ja käsikirjoissa ilmoitetaan, eivät ne yleensä ylitä edellä mainittuja. TOLSKI on tutkiessaan erään yli 100-vuotisen, hiekkasärkällä kasvaneen männyn juuristoa mitannut 14:n, jopa 15:nkin metrin pituisia horisontaalisia juuria, mutta ei pitempiä.

Tarkasteltaessa edelleen erilaisilla mailla kehittyneitä männyn juuristoja voidaan merkitä, että horisontaaliset juuret myös savimaalla saavuttavat melkoisen pituuden. Tästä ovat todisteena koepuut VI, 1 ja XIX, 1. Jälkimmäisen pisimmät juuret (14.5 m ja 14.0 m) suuntautuivat savimaalle, vaikka itse runko oli moreenimaalla. Myös savisella moreenilla kasvaneen koepuun XVIII, 1 juuret ovat suhteellisen pitkiä.

Vähäkivisen moreeni- tai someromaan männyt voivat myös kehittää melkoisen pitkiä horisontaalisia juuria. Esimerkkinä mainittakoon koepuut XXV, 1 ja XXX, 1. Sitä vastoin jäävät juuret runsaskivisellä moreeni- tai someromaalla lyhyiksi. Valaisevan esimerkin tarjoavat koepuut V, 1 ja XXX, 2.

Lihava, jossain määrin kuivunut turvemaa ei näytä suosivan pitkiä vaakasuoria juuria. Sen sijaan niitä kyllä kehittyy märässä ja laihassa suoturpeessa. Tämä selviää tarkastamalla ja vertaamalla koepuiden XXI, 1 ja XXVIII, 1 juuristoja. Päätelmää ovat omiaan tukemaan MELINin ja MULTAMÄEN havainnot.

Puun juurten saavuttama pituus vaikuttaa sangen huomattavasti juuriston laajuuteen, josta tuonnempana tulee puhe. Tällöin osoitetaan, että metsämaan hyvyysaste samanlaisen maaperän rajoissa vaikuttaa laajuuteen sikäli, että laiha maa suosii laajaa juuristoa ja päinvastoin. Tämä pitää paikkansa myös juurten pituuteen nähden.

Edellä nähtiin, että maaperän runsas kivisyys on esteenä pitkien juurten kehittymiselle. Samoin on laita runsaan juurisuuden. Niinpä

p i s i m m ä t j u u r e t y l e e n s ä t a v a t a a n y k s i n ä i s i l l ä p u i l l a, k u n t a a s t i h e ä s s ä r y h m ä s s ä k a s v a n e i d e n j u u r e t j ä ä v ä t s u h t e e l l i s e n l y h y i k s i. Verrattakoon toisiinsa esim. koealan XXVII eri puiden juuristoja tai samoin koealan II juuristoja. Mainittava on kuitenkin, että tiheimmässäkin metsikössä ulottuvat juuret aina kauas latvusprojektion ulkopuolelle.

Juurten pituus on tietenkin riippuvainen puun iästä sikäli, että iän lisääntyessä kehittyy normaalisissa oloissa puun maanpäällinen osa yhä suuremmaksi ja sitä seuraten myös juuristo. Mutta jos maanpäällisen osan kasvu olosuhteitten pakosta pysähtyy, taukoaa myös juurten kehitys. Pienellä puulla on myös pieni juuristo, olkoon sen ikä kuinka suuri tahansa. Jos siis puun maanpäällisen osan kehitys on pysähtynyt, voidaan sanoa, ettei juurten pituus enää ole iästä riippuvainen; ainakin on yhteys hyvin heikko. R u n g o n k o k o j a j u u r t e n p i t u u s o v a t s e n s i j a a n j o t e n k i n k i i n t e ä s t i r i i p p u v a i s i a t o i s i s t a a n. Kun edellä siis on puhuttu pitkistä juurista, on tarkoitettu, että ne puun kokoon verrattuna ovat pitkiä. Rungon kehityksessä on huomattavissa ensin hidas, sitten jyrkkä nousu, huippukohdan saavuttaminen ja lasku. Samoin on juuriston laita. Sivulla 213 on tämä osoitettu ainakin pituuden kehitykseen nähden. Sattuuko rungon ja juuriston nopein kehitysaika yksiin, ei ole selvitetty, mutta tuntuu luonnolliselta, että asia niin olisi. Joka tapauksessa on rungon koko sopiva kiinnekohta verrattaessa toisiinsa erisuuruisten puiden juuristoja. Mutta rungon koon lisäksi on vielä otettava huomioon latvus. Pieni ja kituva latvus tietää yleensä saman kokoisiin hyvälatvuksisiin puihin verrattuna pienempää juuristoa. Myös puun terveystila on huomioon otettava. Kuivalatvainen tai viallinen puu on todennäköisesti myös juuristoon nähden terveitä heikompi.

Mitä edellä on sanottu yksityisten juurten pituudesta, koskee osaltaan myös pintajuuriston yhteistä pituutta eli pituussummaa. Mitä pitempiä ovat yksityiset juuret, sitä suurempi on tietenkin niiden pituuksien summa. Kuitenkin vaikuttaa asiaan melkoisesti myös juuriston tiheys.

Kun ryhdytään vertaamaan eri juuristojen pituussummia, on edellisen nojalla otettava huomioon monta seikkaa. Ennen muita mainittakoon, että on verrattava toisiinsa vain sellaisten puiden juuristoja, joiden kasvupaikan maalaji on suunnilleen samanlaista. Paitsi puun kokoa on edelleen otettava huomioon latvuksen suuruus ja laatu sekä puun asema metsikössä. Myös huomattakoon, että juuriston kaivuutapa jotenkin herkästi vaikuttaa pituussummaan. Pääpiirtein kaivettujen juuristojen (koepuut VI, 6 ja 7, XVI, 1, XVII, 1) kartta tuskin esittää enempää kuin puolta tavalliseen tapaan kaivetun juuriston pituudesta. Niin ikään voivat ensimmäiset kivikkomaan koepuut (IV, 1, 2, 3 ja V, 1) olla jonkin verran epätarkempia kuin seuraavat. Useiden koepuiden pituussumma on arvion varassa sikäli, että vain osa juuristoa on tarkalleen kaivettu ja siitä päätelty koko juuriston pituus. Kun näin ollen esitettävät luvut eivät ole ehdottomia, on juurten mittaamisessa kartalta käytetty 0.5 m:n tarkkuus katsottava riittäväksi. (TOLSKI esittää pituussummat cm:issä!) Puutteellisuuksistaan huolimatta antavat kyseessä olevat luvut epäilemättä suurin piirtein oikean kuvan pintajuurten yhteispituudesta erilaisilla mailla ja eri olosuhteissa.

Jotta eri kokoisten puiden juuristojen pituussummia mukavasti voitaisiin keskenään verrata, on niitä, kuten ylempänä huomautettiin, verrattava johonkin kyseessä olevan puun mittaan. Kuutio ei ole tähän tarkoitukseen sopiva, sillä se suurenee paljon nopeammin kuin juuriston pituus. Toisin sanoen, pienillä puilla on rungon kuutioyksikköä kohti paljon pitemmälti juuria kuin isoilla. Seuraavat luvut valaisevat tätä seikkaa.

Koepuu	Koepuun diam. 1.3 m kork., cm	Horis. juurta rungon 0.01 m^3:ä kohti, m	Koepuu	Koepuun diam. 1.3 m kork., cm	Horis. juurta rungon 0.01 m^3:ä kohti, m
I,1	2.7	438.8	XII,1	7.7	36.5
II,1	9.c	90.7	XVIII,1	14.7	10.9
II,2	14.5	34.5	XIX,1	28.8	4.0
VII,1	36.8	18.5			

Ensimmäisen sarjan puut ovat kanervatyypiltä ja kasvaneet jotenkin samanlaisissa oloissa. Toisen sarjan puista on keskimmäinen käenkaalityypiltä, muut käenkaali-mustikkatyypiltä, kaikki suunnilleen samanlaisissa olosuhteissa kasvaneita.

Myöskään puun pituus ei ole sopiva vertauskohdaksi sen takia, että se vaihtelee kovin herkästi metsikön tiheyden mukaan ja lisäksi päinvastaiseen suuntaan kuin pintajuuriston pituus. Myöskään eivät saman korkuiset puut ole koon puolesta lainkaan verrattavissa toisiinsa, jos toinen on kasvanut tiheikössä, toinen aukealla.

Jotenkin hyvän vertauskohdan tarjoaa rinnankorkeusläpimitta, joka näyttää kehittyvän suunnilleen samaan tapaan kuin pintajuuriston pituuskin. Myös puun erilainen asema metsikössä aiheuttaa siihen samansuuntaisia muutoksia kuin pintajuuriston pituuteenkin. Jos tarkastetaan esim., miten edellisellä sivulla mainittujen koepuiden rinnankorkeusläpimitta suhtautuu vastaavaan pintajuuriston pituussummaan, niin saadaan seuraava yhdistelmä.

Koepuu	Diam. 1.3 m kork. % horis. juurten pituussummasta	Koepuu	Diam. 1.3 m kork. % horis. juurten pituussummasta
I,1	3.4	XII,1	13.5
II,1	4.2	XVIII,1	12.6
II,2	7.0	XIX,1	10.0
VII,1	2.8		

Seuraavassa tarkastelussa on edellisen nojalla edellytetty, että juuriston pituussummat vaihtelevat samassa suhteessa kuin rinnankorkeusläpimitat. Kunkin puun pintajuurten pituussumma on jaettu vastaavalla rinnankorkeusläpimitalla ja kerrottu 10:llä. Näin on saatu luku, joka osoittaa rinnantasalta 10 cm:n vahvuiseksi ajatellun puun pintajuurten yhteispituuden (edellyttäen, että yllä mainittu suhde on voimassa).

Otetaan ensinnä tarkastettavaksi hiekkamaan puiden pintajuurten pituussummia metsätyypittäin. Seuraava taulukko esittää kysymykseen tulevat koepuut.

Hiekkamaa — Sand	CT	Koepuu *Sample tree*	I 1	II 1	II 2	II 3	II 4	II 5	II 7	III 1	VII 1	XIV 1	XXVI 1
		$\frac{a}{b} \times 10$ [1])	293	239	144	104	129	122	180	110	354	237	302
	VT	Koepuu *Sample tree*	XVI 1	XXXI 1									
		$\frac{a}{b} \times 10$ [1])	(84)	262									
	MT	Koepuu *Sample tree*	XV 1	XXII 1	XXII 2 kuusi *spruce*								
		$\frac{a}{b} \times 10$ [1])	196	70	153								

[1]) a = Pintajuurten yhteinen pituus, m. — *The common length of horiz. roots, m.*
b = Diam. 1.3 m kork., cm. — *Diam. at 1.3 m height, cm.*

Kanervatyypin puista huomautettakoon, että koepuut II, 2, 3 ja 4 kasvoivat verraten tiheässä ryhmässä; koepuu II, 5 oli hyvin kituva ja huonolatvuksinen; koepuun III, 1 juuristo oli pahasti palon vioittama ja siitä syystä epänormaalisen suppea. Puolukkatyypin ensimmäisen koepuun luku on epävarma. Se on saatu ottamalla juurikartan luku kaksinkertaisena (puu on vain pääpiirtein kaivettu). Toinen puu on rehevä, täydessä valossa kasvanut taimi. Mustikkatyypin ensimmäinen puu on erittäin rehevälatvuksinen ja hyväkasvuinen puu, vaikkakin sulkeutuneessa metsikössä kehittynyt. Toinen on niin ikään kohtalaisen tiheässä metsikössä kasvanut, mutta sen latvus on pieni ja osoittaa pituuskasvun keskeytyneen.

Edellisen nojalla on sanottava, että hiekkamaan männyn pintajuuristo näyttää voivan sekä puolukka- että mustikkatyypin mailla kehittyä, kun olosuhteet siihen ovat suotuisat, kokonaispituudeltaan kanervatyypin veroiseksi. Mutta ensin mainittujen tyyppien pituussumma voi myös jäädä paljonkin jälkeen kanervatyypistä. — Vaihtelut myös kanervatyypin puitteissa ovat melkoisia.

Seuraavassa tarkastetaan pintajuurten pituussummia koepuiden nojalla,

jotka on kaivettu vähäkiviseltä moreeni- tai someromaalta tai myös savimaalta.

Vähäkivinen moreeni- tai someromaa; savimaa — *Moraines or gravel, poor in stones; clay*

CT	Koepuu *Sample tree*	XX 1	XX 2	XXVII 1	XXVII 2	XXVII 3	XXVII 4	XXVII 5	XXVII 6	XX 5 kuusi *spruce*
	$\frac{a}{b} \times 10$ [1])	147	84	161	162	380	111	115	67	181
VT	Koepuu *Sample tree*	XVII 1	XXX 1							
	$\frac{a}{b} \times 10$ [1])	(114)	34							
MT	Koepuu *Sample tree*	VI 1	VI,6 kuusia *spruce*	VI,7 kuusia *spruce*						
	$\frac{a}{b} \times 10$ [1])	112	(76)	(110)						
OMT	Koepuu *Sample tree*	XIX 1	XXV 1	XIX 2 kuusi *spruce*						
	$\frac{a}{b} \times 10$ [1])	100	(59)	118						
OT	Koepuu *Sample tree*	XVIII 1	XVIII 3	XVIII 2 kuusi *spruce*						
	$\frac{a}{b} \times 10$ [1])	80	67	140						

[1]) a = Pintajuurten yhteinen pituus, m. — *The common length of horiz. roots, m.*
b = Diam. 1.3 m kork., cm. — *Diam, at 1.3 m height, cm.*

Kanervatyypin puu XX, 2 oli äärimmäisen kituva yksilö, puut XXVII, 4, 5 ja 6 kasvoivat hyvin tiheässä metsikössä. Puolukkatyypin puun XVII, 1 arvo (114) on epävarma; se on saatu ottamalla kartan osoittama pituus kaksinkertaisena (puu on vain pääpiirtein kaivettu). Puu XXX, 1 kasvoi hyvin tiheässä metsikössä. Mustikkatyypin kuusia VI, 6 ja 7 koskevat luvut on saatu ottamalla kaivuun osoittama pituusarvo kaksinkertaisena (puut pääpiirtein kaivettuja). Käenkaali-mustikkatyypin puun XXV, 1 arvo (59) on saatu pyöristämällä kartan osoittama pituusluku 88 100:ksi. Tämä sen takia, että 25 cm:ä syvempänä oleva juuriston osa jäi kaivamatta.

T a u l u k o n j a t e h t y j e n h u o m a u t u s t e n n o j a l l a o s o i t t a u t u u, e t t ä k a n e r v a t y y p i n m ä n n y i l l ä p u- h e e n a o l e v a n l a a t u i s e l l a m a a p e r ä l l ä o n p i n t a-

juurten yhteinen pituus jonkin verran suurempi kuin paremmilla tyypeillä. Näiden välinen ero taas on pieni, mutta näyttää pintajuurten pituussumma hieman laskevan käenkaalityyppiä kohti. Taulukkoon otetuista kuusista puhutaan tuonnempana.

Runsaskivisellä moreenilla tai somerolla tavataan vain kanerva-, puolukka- ja käenkaali-mustikkatyypin (tässä käytettäväksi sopivia) koepuita. Niiden pintajuurten yhteisiä pituuksia esittää seuraava taulukko.

Runsaskivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, rich in stones*														
	CT	Koepuu *Sample tree*	XIII 1	XIII 2	XIII 3	XIII 4								
		$\frac{a}{b}\times 10$ [1])	206	111	84	83								
	VT	Koepuu *Sample tree*	IV 1	IV 2	IV 3	V 1	XI 1	XXIII 1	XXXII 2	XI 2	XI 3	XI 4	IX 4	IX 5
										kuusia *spruce*				
		$\frac{a}{b}\times 10$ [1])	56	65	56	49	120	129	36	198	175	142	135	87
	OMT	Koepuu *Sample tree*	XII 1	XII 1										
		$\frac{a}{b}\times 10$ [1])	74	48										

[1]) a = Pintajuurten yhteinen pituus, m. — *The common length of hori*[illegible]*s, m.*
b = Diam. 1.3 m kork., cm. — *Diam. at 1.3 m height, cm.*

Huomautettakoon, että koepuut IV, 1, 2 ja 3 sekä V, 1 olivat ensimmäiset kivikkomaalta kaivetut, joten on mahdollista, että niiden juuristoa ei ole saatu esille yhtä tarkoin kuin myöhempien. Koepuu XXXII, 2 kasvoi erittäin kivisellä someromaalla. Kun sen juuriston pituus on osittain arvion varassa, on mahdollista, että juuriston pituussumma on tullut jonkin verran liian pieneksi. Joka tapauksessa se kyllä oli hyvin alhainen.

Edelliseen perustuen on todettava, että kivisen moreenimaan kanervatyyppi ei yhtä selvästi erottaudu muista tyypeistä kuin ennen käsitellyissä tapauksissa. Suurin pintajuuriston pituutta osoittava luku on kuitenkin hyvän joukon yläpuolella muiden tyyppien lukuja ja pienin taas ei läheskään saavuta minimiä. Puolukkatyypillä tavataan juuristoja, joiden pituussumma on hyvin pieni, mutta myös sellaisia, joilla

on pituuden puolesta melkoisen runsas juuristo. Kaiken kaikkiaan on, joskin heikkona, havaittavissa pintajuuriston pituussumman laskua parempaan metsätyyppiin päin.

Vielä olisi tarkastettava turvemaan koepuita, joita on neljä, nim. XXI, 1 ja 2 sekä XXVIII, 1 ja XXIX, 1. Laihinta kasvupaikkaa, rahkaista niittyvillarämettä edustaa koepuu XXVIII, 1. Sen osoittama juuriston pituussumma on muihin verrattuna alhainen (suhteellinen pituusluku 69). Tähän on osaltaan syynä juuriston huono tila, monet juuret kun olivat kuolleita ja osittain lahonneita. Jäätymisen aiheuttaman kaivuuvaikeuden takia on myös joitakin pieniä juuria voinut jäädä pois kartalta. Joka tapauksessa jää sen pituusluku huomattavasti jälkeen koepuista XXI, 1 ja XXIX, 1, jotka kasvoivat kuivuneella, edellinen lihavalla turvemaalla (suht. pituusluvut olivat vast. 183 ja 173). Merkittävänä piirteenä näillä oli juuriston tiheys, joka edellisellä oli aivan harvinainen (suurin tavattu; 1 m^2:ä kohti 5 m juurta). Koepuun XXI, 2 juuristo oli, nähtävästi läheisten naapuripuiden vuoksi, jotenkin vähäpätöinen, joskin verraten tiheä (suht. pituusluku 59).

Muutama sana on mainittava myös viimeksi esitettyihin taulukkoihin otetuista kuusista. Ne on tässä otettu mukaan, koska oli syytä olettaa niiden suhtautuvan metsätyyppeihin samoin kuin mäntyjenkin. Tarkastelu osoittaa, että, joskin poikkeuksia esiintyy, on suhteellinen pituusluku yleensä paremmilla tyypeillä pienempi kuin huonommilla.

Eri maalajeilla esiintyvien pituussummien vertailun helpottamiseksi jaoitellaan seuraavassa taulukossa eri metsätyyppien koepuut maalajien mukaan.

Koepuiden vähyyden vuoksi on kolme parasta metsätyyppiä yhdistetty, mikä tässä tapauksessa on puolustettavissa katsoen siihen verraten pieneen eroon, mikä niiden välillä juuriston pituussummaan nähden on huomattavissa.

Taulukko osoittaa selvästi, että männyn pintajuuriston yhteinen pituus vaihtelee maalajin mukaan.

		$\frac{a \times 10}{b}$ [1]											Keskimäärin — *On an average*
	Hiekkamaa *Sand*	293	239	144	104	129	122	180	110	354	237	302	201
CT	Vähäkivinen moreeni *Moraines, poor in stones*	147	84	161	162	380	111	115	67				153
	Runsaskivinen moreeni *Moraines, rich in stones*	206	111	84	83								121
	Hiekkamaa *Sand*	84	262										173
VT	Vähäkivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, poor in stones*	84	114										99
	Runsaskivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, rich in stones*	56	65	56	49	120	129	36					73
MT	Hiekkamaa *Sand*	196	70										133
OMT	Vähäkivinen moreeni tai savimaa *Moraines, poor in stones; clay*	112	80	67	100	59							84
GT	Runsaskivinen moreeni *Moraines, rich in stones*	74	48										61

[1] a = Pintajuurten yhteinen pituus, m. — *The common length of horiz. roots, m.*
b = Diam. 1.3 m kork., cm. — *Diam. at 1.3 m height, cm.*

PINTAJUURISTON LAAJUUS.

Männyn pintajuuriston laajuudesta, sen vaikutusalasta saa käsityksen ajattelemalla tapausta, jolloin juuristo ulottuu 20 m joka suuntaan rungosta mitattuna. Että tällainen juuristo on mahdollisuuksien rajoissa, on edellä jo nähty. Jos nyt juuriston vaikutusala lasketaan ympyränä, saadaan tulokseksi 1256 m² eli n. $^1/_8$ ha. Yleensä ei ole kuitenkaan paikallaan laskea juuriston laajuutta ympyränä, useimmiten se ei ole mahdollistakaan juuriston epäsymmetrisyyden takia. Toiseksi on huomattava, että juuristo jotenkin säännöllisesti tulee sitä harvemmaksi, mitä kauemmas tyvestä siirrytään. Täten jää juurten välille monestikin laajoja aloja, joihin niiden vaikutus ei ulotu. Juuriston laajuus onkin sen vuoksi määrätty toisella tavalla. On ajateltu koko se ala, jolla juuria esiintyy, jaetuksi neliömetrin suuruisiin ruutuihin, kuten itse asiassa useimmilla koealoilla tehtiinkin. Juuriston vaikutusalaan kuuluvaksi luetaan nyt jokainen neliömetri, jonka piirissä juuria tavataan, vaikkapa vähänkin. Näin saatu laajuus on kyllä hieman riippuvainen ruutujen sijoituksesta. Mutta kokei-

lemalla on huomattu, ettei ruutujen erilainen sijoittaminen rajatapauksissakaan aiheuta kuin parin kolmen prosentin eroavaisuuden keskiarvosta. Jos kuitenkin on kyseessä pienet juuristot, voivat erot prosenttisesti olla suuremmat. Tämän vuoksi on kaikki ne juuristot, joiden laajuuden alkuperäinen määräys osoitti 30 m^2:ä pienemmiksi, laskettu keskiarvona neljän erilaisen ruutusijoituksen antamista luvuista. Niistä 21 juuristosta, joiden laajuus tällä tavoin määrättiin, jäi 8 alkuperäiseen alaan nähden muuttumattomaksi, 11:n ala muuttui 1 m^2:llä ja 3:n ala 2 m^2:llä.

Pintajuuriston laajuutta osoittavat luvut eivät ole kaivuun tarkkuuteen nähden aivan yhtä herkkiä kuin pituussummaa osoittavat. Täten voi pääpiirteinkin kaivetun puun laajuusluku olla jotakuinkin oikea, edellyttäen kuitenkin, että tärkeimmät juuret on saatu esiin kokonaisuudessaan ja vain vähäiset sivuhaarat ja muut pienet juuret jätetty kaivamatta. Myös voi muutamista kokonaisuudessaan paljastetuista pintajuurista saada jonkinlaisen käsityksen juuriston laajuudesta.

Kun laajuusluvut ymmärrettävästi ovat suuresti riippuvaisia yksityisten juurten pituudesta, vaikuttavat monet seikat samoin juuriston laajuuteen kuin yksityisten juurten pituuteen. Tällaisia seikkoja ovat metsikön tiheys, latvuksen suuruus ja puun terveystila.

L a a j u u s l u k u j a t a r k a s t e l l e s s a h u o m a a e d e l l e e n p i a n, e t t ä n e y l e e n s ä v a i h t e l e v a t s a m a a n t a p a a n k u i n p i t u u s s u m m a a e s i t t ä v ä t l u v u t; poikkeukset puoleen ja toiseen vain ovat vähemmän jyrkkiä.

Sopivan vertauskohdan eri kokoisten puiden laajuuslukuja tarkasteltaessa tarjoaa jälleen rinnankorkeusläpimitta. Tällä jaettuna esitetään seuraavassa taulukossa koepuiden laajuusluvut samalla tavoin ryhmitettyinä kuin aikaisemmin pituussummat. Sen yhtäpitäväisyyden nojalla, jota mainitut luvut keskenään osoittavat, voidaan nim. olettaa niiden suhtautuvan samoin sekä maalajin että metsätyypin vaihdoksiin.

K y s e e l l i s e n t a u l u k o n t a r k a s t e l u o s o i t t a a e n s i n n ä k i n, e t t ä k a n e r v a t y y p p i s e l v ä s t i e r o t t a u t u u m u i s t a. S e n l a a j u u s l u v u t l a s k e u t u v a t v a i n p o i k k e u s t a p a u k s i s s a m u i d e n t y y p p i e n t a s a l l e. Nämä

Maalaji / Soil	Tyyppi											
Hiekkamaa *Sand*	CT	Koepuu *Sample tree*	I 1	II 1	II 2	II 3	II 4	II 5	II 7	III 1	XIV 1	XXV 1
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	222	149	89	68	28	96	90	51	101	221
	VT	Koepuu *Sample tree*	XVI 1	XXXI 1								
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	34	200								
	MT	Koepuu *Sample tree*	XV 1	XXII 1	XXII 2 kuusi *spruce*							
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	81	22	73							
Vähäkivinen moreeni, somero tai savimaa *Moraines or gravel, poor in stones; clay*	CT	Koepuu *Sample tree*	XX 1	XX 2	XXVII 1	XXVII 2	XXVII 3	XXVII 4	XXVII 5	XXVII 6	XX 5 kuusi *spruce*	
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	54	39	84	77	200	43	62	25	100	
	VT	Koepuu *Sample tree*	XVII 1	XXX 1								
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	34	52								
	MT	Koepuu *Sample tree*	VI 1	VI 6 kuusia *spruce*	VI 7 kuusia *spruce*							
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	68	35	50							
	OMT	Koepuu *Sample tree*	XIX 1	XXV 1	XIX 2 kuusi *spruce*							
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	45	35	64							
	OT	Koepuu *Sample tree*	XVIII 1	XVIII 3	XVIII 2 kuusi *spruce*							
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	39	39	60							
Runsaskivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, rich in stones*	CT	Koepuu *Sample tree*	XIII 1	XIII 2	XIII 3	XIII 4						
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	79	60	68	52						
	VT	Koepuu *Sample tree*	IV 1	IV 2	IV 3	V 1	XI 1	XXIII 1	XXXII 2	XI 2 kuusia *spruce*	XI 3 kuusia *spruce*	XI 4 kuusia *spruce*
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	40	38	39	25	39	51	20	80	169	108
	OMT	Koepuu *Sample tree*	XII 1	XII 2	IX 4 kuusia *spruce*	IX 5 kuusia *spruce*						
		$\frac{c}{b}\times 10$ [1])	56	46	50	55						

[1]) c = Pintajuuriston laajuus, m^2. — *The area of horiz. root system, sq. metres.*
b = Diam. 1.3 m. kork., cm. — *Diam. at 1.3 m height, cm.*

taas voivat joskus, esim. hiekkamaalla saavuttaa kanervatyypillä tavattavia laajuuksia. Niiden keskinäiset erot eivät ole suuria. Suuntana on pidettävä juuriston valtaaman alan pienenemistä käenkaalityyppiä kohti, joskaan se taulukon lukujen perusteella ei ole täysin selvä. Puolukkatyypin arvot ovat nim. useinkin pienemmät kuin mustikkatyypin. Tässä suhteessa verrattakoon kuitenkin vielä keskenään koepuita VIII, 1 ja 2 sekä IX, 1. Ensin mainitut koepuut ovat puolukkatyypiltä, jälkimmäinen mustikkatyypiltä. Huomattakoon, että puiden esille kaivetut juuret ovat jotenkin yhtä pitkiä huolimatta siitä, että puolukkatyypin koepuut ovat läpimitaltaan rinnantasalta 12.6 ja 15.7 cm ja mustikkatyypin puu 23.0 cm. Jotenkin varmasti voidaan päättää, että tässä puolukkatyypin juuristot ovat suhteellisesti paljon laajempia kuin mustikkatyypin. Otettakoon edelleen huomioon, että koepuut IV, 1, 2, 3, V, 1 ja XXXI, 1 olivat hyvin tiheässä metsikössä kehittyneitä puita, joiden latvus oli pieni. Lisäksi olivat neljä ensiksi mainittua ensimmäiset kivikkomaalta kaivetut puut, joten niiden kaivuutarkkuus voi olla vähäisempi kuin myöhemmin tutkittujen. Vaikkakaan kaivuutarkkuus, kuten mainittu, ei kovin paljoa vaikuta saavutettuun laajuuslukuun, voi vaikutus kuitenkin tuntua. Koepuut XVI, 1 ja XVII, 1 taas ovat pääpiirtein kaivettuja, joten niidenkin laajuus voi olla jonkin verran liian pieni. Koepuu XXXII, 2, jonka laajuus osaksi on arvion varassa, kasvoi aivan erikoisella, hyvin kivisellä someromaalla, johon verrattavia puita ei ole paremmilta tyypeiltä tutkittu. Mainittakoon edelleen, että mustikka-, käenkaali-mustikka- ja käenkaalityypin puista yksikään ei kasvanut kovin tiheässä metsikössä. Myös olivat kaikki näiden tyyppien koepuut erittäin tarkkaan tutkittuja lukuun ottamatta puuta XXV,1, jonka lähinnä pintaa kulkeva vaakasuoran juuriston osa, siis laajuuteen nähden määräävä, kuitenkin tuli tarkalleen selvitetyksi. Vielä huomautettakoon, että koepuut VI, 1, XVIII, 1 sekä osittain XIX, 1 kasvoivat savikkomaalla, johon täysin verrattavaa kasvupaikkaa ei puolukkatyypillä ole, vaikkakin savi- ja vähäkiviset moreeni- ja someromaat on luettu samaan ryhmään.

Taulukkoon otetut kuuset osoittavat myös taipumusta pintajuuriston supistumiseen parempia tyyppejä kohti, joskaan pieneneminen ei tapahdu

säännöllisesti. Kuitenkin ovat kanerva- ja puolukkatyyppien juuristot huomattavasti laajempia kuin muiden.

Mitenkä eri metsätyyppien koepuut juuriston laajuuden puolesta suhtautuvat erotettuihin maalajilaatuihin, selviää seuraavasta taulukosta. Se käsittää samat koepuut kuin edellinenkin taulukko. Mustikkatyypin ja sitä parempien tyyppien koepuut on tässä yhdistetty niillä erikseen tavattavien koepuiden vähyyden vuoksi.

		$\frac{c}{b}$ · 10[1]										Keskimäärin — *On an average*
CT	Hiekkamaa *Sand*	222	149	89	68	82	96	90	51	101	221	117
	Vähäkivinen moreeni *Moraines, poor in stones*	54	39	84	77	200	43	62	25			73
	Runsaskivinen moreeni *Moraines, rich in stones*	79	60	68	52							65
VT	Hiekkamaa *Sand*	34	200									117
	Vähäkivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, poor in stones*	34	52									43
	Runsaskivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, rich in stones*	40	38	39	25	39	51	20				36
MT	Hiekkamaa *Sand*	81	22									52
OMT	Vähäkivinen moreeni tai savimaa *Moraines, poor in stones; clay*	68	45	35	39	39						45
OT	Runsaskivinen moreeni *Moraines, rich in stones*	56	46									51

[1]) c = Pintajuuriston laajuus, m^2. — *The area of horiz. root system, sq. metres.*
b = Diam. 1,3 m kork., cm. — *Diam. at 1,3 m height, cm.*

T a u l u k k o   o s o i t t a a, että hiekkamailla yleensä tavataan laajimmat juuristot, kun taas suppeimmat ovat löydettävissä moreeni- tai someromailta, varsinkin runsaskivisiltä. Savimaat ja vähäkiviset moreeni- tai someromaat näyttävät muodostavan väliasteen.

Vielä on tarkastettava turvemaiden juuristoja, joita koskevia lukuja ei ole otettu viimeksi esitettyihin taulukkoihin. Lihavalla, verraten kuivalla, mustikkatyyppiin luettavalla turvemaalla (koeala XXI) osoitta-

vat tutkitut koepuut kehittyvän varsin suppeita, joskin tiheitä juuristoja. Absoluuttiset laajuudet ovat 49 ja 12 m², suhteelliset 36 ja 21 m². Kuivalla, mutta laihemmalla turvemaalla (koepuu XXIX, 1) on juuristo melkoista laajempi (suhteellinen laajuus 69 m²). Saman arvoisella, mutta kuivumattomalla turvemaalla (koepuu XXVIII, 1) oli juuristo verraten suppea (suht. laajuus 38 m²). Tähän on kuitenkin syynä puun ja juuriston heikko tila. Puu oli hyvin kituva, ja juuristossa oli runsaasti kuolleita juuria.

Melinin mukaan ovat juuristot laajempia ojittamattomilla soilla kuin ojitetuilla. Tämä on sopusoinnussa koealan XXI osoitusten kanssa. Koepuun XXIX, 1 suhteellisen laaja juuristo voi olla osaksi perintöä ajalta ennen ojitusta. Ja kuivumattomalla rämeellä ovat juuristot kaiken todennäköisyyden mukaan suhteellisesti laajempia kuin koepuun XXVIII, 1, milloin on kyseessä elinvoimaisempi puu.

Niistä rajoista, joissa absoluuttinen juuriston laajuus liikkuu, antavat käsityksen seuraavat luvut.

Koepuiden diam. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	Laajin pintajuuristo, m² (koepuu, metsätyyppi) *The most extensive root system, m² (sample tree, forest type)*			Suppein pintajuuristo, m² (koepuu, metsätyyppi) *The narrowest root system, m² (sample tree, forest type)*		
20+	XIV,1	575	CT	XXII,1	50	MT
10—20	II,2	129	CT	V,1	47	VT
5—10	XXVI,1	190	CT	XXI,2	12	MT
< 5	I,1	60	CT	XXVII,2,3	10	CT

K a i k k i e n t u t k i t t u j e n p u i d e n j u u r i s t o t u l o t t u i v a t k a u a s l a t v u s p r o j e k t i o n u l k o p u o l e l l e, kuten juurikartoista on helppo todeta. Tämä voidaan panna merkille, olivatpa olosuhteet suppean juuriston muodostumiselle miten edulliset tahansa.

Tosin ei ole tutkittu puiden juuristoja parhailta lehtotyypeiltä, mutta saavutettujen tulosten nojalla voi tuskin odottaa hyvinkään suurta eroa pintajuuriston laajuuteen nähden. Meidän oloihimme ei siis liene missään tapauksessa sovellettavissa PFEILin teoksesta »Die deutsche Holzzucht» sivulta 398 lainattua tiedonantoa: »Wenn in einem kräftigen Lehmboden die Kiefer mit ihren Wurzeln selten über die Schirmfläche hinausgehet — —».

PINTAJUURISTON TIHEYS.

Pintajuuriston tiheyttä ilmaisemaan on käytetty tässä tutkimuksessa lukua, joka osoittaa, miten pitkälti horisontaalista juurta tulee yhtä neliömetriä kohti. Toisin sanoen pintajuuriston pituussumman ja laajuuden lukuarvojen osamäärä ilmoittaa tiheyden.

Kun edellä on todettu, että juuriston pituussumma ja laajuus vaihtelevat jotenkin samansuuntaisesti, voidaan tästä päättää, että tiheys pysyy jokseenkin konstanttina. Näin onkin todella asianlaita. Jos aluksi otetaan huomioon vain kangasmetsien luvut, voidaan panna merkille, että suurin tiheys on 3.2 ja pienin 1.0. Tällaiset äärimmäiset luvut ovat jotenkin harvinaisia. Kanervatyypin keskimääräinen tiheys on 1.9, puolukkatyypin keskiarvo on sama, ja yhdistämällä kolme parhainta tutkittua tyyppiä saadaan niidenkin keskiarvoksi 1.9. Erikseen otettuna on mustikkatyypin tiheys keskiarvona 2.4, käenkaali-mustikkatyypin 1.5 ja käenkaalityypin 1.9.

Tarkastellessa koepuiden VI, 1 ja XXIV, 1 juuristoja esittäviä kuvia (kuvat 35, 36 ja 57) tulee siihen käsitykseen, että savimaan puiden pintajuuriston tiheyttä ilmaisevien lukujen pitäisi olla erikoisen suuria. Juurten tiheys tyven lähellä on kyllä tavaton, mutta se ei ainakaan koepuulla VI, 1 ulottunut juuri 1.5 m:ä kauemmaksi rungosta, joten koko juuriston tiheysluku ei tullut lainkaan suureksi. Koepuun XXIV, 1 koko juuristoa ei tutkittu, mutta todennäköisesti ei tiheä verkosto ulottunut tässäkään tapauksessa kauas. Kun tuollaisen tiheän kudoksen tarkoituksena voi pitää puun imeyttämistä lujasti sitkeään alustaansa, on selvääkin, ettei

se ulotu kauas, eikä voi olettaa materiaalinkaan riittävän kovin laajan sen tapaisen kudoksen kehittämiseen kuin minkä kuva 57 esittää.

Yleensä on aina tyven lähellä oleva juuriston osa muuta osaa tiheämpi. Sen vaikutus tuntuu näin ollen runsaampana suppeisiin juuristoihin kuin laajoihin. Jos tarkastellaan erikoisen pieni-alaisia juuristoja, sellaisia kuin koepuiden XXII, 1, XI, 1, XXVII, 4 ja 6, III,1, XX,1 ja 2, niin huomataan, että niiden tiheydet ovat keskiarvoa suurempia, nim. vastaavassa järjestyksessä lueteltuina: 3.2, 3.1, 2.6, 2.7, 2.1, 2.7, 2.1. Sellaiset silmiin pistävän laajat juuristot taas kuin koepuiden XXVI,1, I,1 ja XXXI,1 ovat tiheydeltään keskiarvon alapuolella. Mainittujen puiden tiheysluvut ovat: 1.4, 1.3 ja 1.3. Sellainen suhteellisesti laaja juuristo kuin koepuun XXVII, 3 on absoluuttisesti niin pieni, että tiheä keskusjuuristo vaikuttaa nostavasti tiheyteen (kyseessä olevan puun tiheys on 1.9).

Tarkastelemalla eri kokoisten puiden tiheyksiä ja vertaamalla niitä keskenään voi piankin panna merkille, e t t ä s u u r t e n p u i d e n p i n t a j u u r i s t o n t i h e y s l u v u t s ä ä n n ö l l i s e s t i o v a t k e s k i a r v o n y l ä p u o l e l l a. Pikku puiden luvut vaihtelevat enemmän, mutta ovat useimmiten keskiarvon alapuolella. Tämän osoittavat myös seuraavat keskiarvot.

Koepuiden diam. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	< 5	5—10	10—15	15—20	20 +
Pintajuuriston tiheys keskim. *Average density of the horiz. root system*	1.6	1.8	1.7	2.1	2.6
Koepuita diam.-luokissa *Sample trees in diam. classes*	10	13	4	5	7

Suurempien (ja samalla myös vanhempien) puiden juuriston tiheämmyys on helposti ymmärrettävissä, jos esim. verrataan koepuiden II, 1 ja XIV, 1 juurikarttoja (kartat n:ot 1 ja 10). Nuoren puun juuristossa ovat pääjuuret hyvin huomattavana osana. Sittemmin kehittyy yhä useamman asteen sivujuuria, verkoston silmukat pienenevät yhä, ja tiheys siis lisääntyy.

Otettakoon tämän jälkeen esille turvemailta kaivetut koepuut. Lihavalla, miltei kuivuneella turvemaalla kasvaneen koepuun XXI, 1 juuristo

on erikoisen tiheä, kuten kartta n:o 20 selvästi osoittaa. Yhtä neliömetriä kohti tulee juurta 5.1 m, mikä tiheysluku on hyvin huomattavasti suurempi kuin minkään muun tutkitun puun. Puheen ollessa tästä puusta ei siis pintajuuriston suuri pituussumma tiedä vastaavassa suhteessa suurta laajuutta, kuten yleensä on asianlaita. Toisenkin saman koealan puun juuristo on melkoisen tiheä (tiheys 2.8), joskaan se ei ole läheskään edelliseen verrattavissa. Läheiset naapuripuut ovat nähtävästi vaikuttaneet, että sen juuristo on jäänyt toispuoliseksi ja hyvin suppeaksi. — Selvä ero tiheydessä voidaan merkitä rämekoepuiden XXVIII,1 ja XXIX,1 juuristoja verrattaessa. Jälkimmäisen, viemärin luona kasvaneen puun tiheysluku on 2.5 ja edellisen, johon kuivatus ei ole vaikuttanut, 1.8. Suurempi tiheys on tässä tapauksessa selvä elinvoimaisuuden merkki. MULTAMÄENKIN mukaan alkavat juuristot ojituksen jälkeen kehittyä entistä tiheämmiksi.

PINTAJUURISTON SYVYYS.

Jotta eri puiden pintajuuristojen syvyyksiä voitaisiin keskenään verrata, on määrättävä jonkinlainen keskisyvyys kuvaamaan juuriston yleistasoa. Sellainen on määrätty siten, että ensin on laskettu kunkin vaakasuoran juuren keskisyvyys kaikkien sitä koskevien syvyysmittausten keskiarvona, minkä jälkeen on laskettu eri juurten keskisyvyyksien keskiarvo punnitsemalla juurten pituudella. Näin on menetelty sen takia, että lyhyimpien juurten syvyysmittaukset ovat suhteellisesti tiheämmässä, niistä kun on otettu monestikin vain kolme ensimmäistä mittaa (siis tyven, 0.5 m:n ja 1 m:n mitat). Noiden lyhyiden, useimmiten syvällä olevien juurten mitat olisivat siis painaneet keskiarvossa enemmän kuin harvempaan mitattujen pitkien pinnallisten juurten.

Teoreettisesti saattaa syvyyskeskiarvoa vastaan huomauttaa, että se voi esittää syvyyttä, jolla ei yhtään tai vain harva juuri kulkee. Näin voisi epäilemättä käydäkin, jos voitaisiin erottaa selviä juuriston muodostamia vaakasuoria kerroksia. Tällaisia ei kuitenkaan ole havaittu. Jos juurakosta päättäen kerroksia olisikin, ei niitä pitemmälle kaivaessa enää voi huomata. Jokin juuri voi kyllä kulkea toisia syvemmällä, mutta

useampien keskittymistä määrättyihin syvyyksiin on harvoin voitu panna merkille. Vain parilla koepuulla, nim. XXIV,1 ja XXI,1 (savimaan ja turvemaan puita) on tehty muistiinpano kerroksellisuudesta. Kummassakin tapauksessa on tila alaspäin ollut rajoitettu, mikä voinee olla syynä siihen, että syvimmät juuret ovat painautuneet mahdollisimman alas jääden kuitenkin lähelle pinnallisia juuria. – Tarkastamalla eri juurten keskisyvyyksiä ja vertaamalla niitä koko juuriston keskisyvyyteen, voi pian päästä selville siitä, osoittaako viimeksi mainittu sellaista tasoa, jolla juuria ei tavata. Yleensä näin ei ole asia. Ja jos jossain yksityisessä tapauksessa olisikin, osoittaa keskisyvyys yhtä kaikki tasoa, jonka lähettyville, joskaan ei aivan siihen, juurten toiminta keskittyy.

Pintajuuriston keskisyvyys ei vaihtele kovin laajoissa rajoissa. Ottaen huomioon kaikki rinnantasalle ulottuvat mäntykoepuut voidaan merkitä, että kaksi pienintä keskisyvyyttä oli 4.0 ja 4.2 cm ja taas kaksi suurinta 25.1 ja 22.1 cm. Niin suuria keskisyvyyksiä kuin viimeksi mainitut ei tavata usein. Tutkittujen koepuiden joukossa oli vain kolme, joiden kyseessä oleva syvyysluku nousi yli 20 cm:n.

Seuraava taulukko osoittaa, missä määrin keskisyvyys on riippuvainen puun koosta.

Koepuiden läpim. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	< 5	5—10	10—15	15—20	20+
Pintajuuriston keskisyvyys keskim., cm *Mean average depth of horiz. root system, cm*	7,7	9.7	10.7	12.5	12.5
Koepuita läpim.-luokissa *Sample trees in diam. classes*	12	15	5	8	9

Keskimäärin ovat siis keskisyvyydet jonkin verran isompia suurissa kuin pienissä läpimittaluokissa. Kun puut ovat saavuttaneet joltisenkin koon, näyttää juuriston syveneminen lakkaavan tai ainakin hidastuvan. Yksityistapauksissa saattaa, yleisestä suunnasta huolimatta, pienenkin puun pintajuurten keskisyvyys olla melkoinen. Niinpä on mainittava, että suurin tavattu keskisyvyys oli eräällä puulla, jonka rinnankorkeusläpimitta oli vain 7.7 cm (koepuu XII, 1). Ja vieläkin pienemmät puut (esim. II,10 ja 11)

voivat osoittaa pintajuurten keskisyvyyksiä, jotka ovat täysin verrattavissa saman kasvupaikan täysikasvuisten puiden vastaavaan lukuun. Yleensä voisi olettaa, että keskisyvyyksien ero suurten ja pienten puiden välillä olisi isompi, sillä suuren puun juuristo ulottuu kuitenkin yleensä paljon syvemmälle ja vaakasuoriakin juuria voidaan tavata melkoisen syvällä. Ettei näin ole asia, johtuu siitä, että suuret puut ulottaessaan juuristoaan syvemmälle myös laajentavat ja lisäävät pinnallista juuristoaan siinä määrin, ettei suhteellisen syvällä olevien juurien vaikutus pääse paljoa vaikuttamaan keskiarvoon. Jonkin verran vähentävästi vaikuttaa suurten puitten keskisyvyyteen se seikka, että syvyys on mitattu juuren päältä. Kun nim. pintajuurten tyviosat usein ovat varsin »korkeita», tulisi syvyys melkoista suuremmaksi, jos se mitattaisiin juuren alta tai esim. keskikohdalta. Pikkupuilla taas juuren korkeus ei sanottavia vaikuta syvyysmittaan. Tässä tutkimuksessa esitettävät syvyysluvut koskevat juuren yläpinnan syvyyttä, ja tällaisina ovat tietenkin isojen ja pienten puiden luvut täysin verrattavissa toisiinsa.

Seuraavassa otetaan puheeksi pintajuuriston keskisyvyyden suhtautuminen erilaatuisiin maalajeihin. Kuten aikaisemmin, on tässäkin maalajit jaettu kolmeen ryhmään, joista ensimmäisen muodostaa hiekkamaa; toiseen on otettu vähäkivinen moreeni tai somero sekä savimaa ja kolmanteen runsaskivinen moreeni tai somero. Seuraava taulukko, joka esittää keskimääräisiä lukuja, on omiaan selvittämään asiaa.

H i e k k a m a a n m ä n n y t o v a t s e l v ä s t i m a t a l a j u u r i s i m p i a. Muutkin kaksi ryhmää erottuvat jotakuinkin selvästi. Enimmän keskimääristä poikkeavia ovat koealojen IV ja V koepuut, joiden juuristot ovat hyvin pinnallisia, vaikka maalaji on hyvinkin kivistä moreenia.

Mainittakoon, että kahden edellisen taulukon keskiarvoja laskettaessa on huomioon otettu myös koepuut I,1, VIII, 1 ja 2, IX,1 ja XXVI,1, joiden keskisyvyys määräämistapaansa nähden poikkeaa muista, samoin koepuut II,8 ja 9 sekä VII,1, joiden keskisyvyys perustuu verraten pienen juuriston osan mittauksiin. Sitä vastoin ei koepuuta XXV,1 ole otettu mukaan, koska varmuudella tiedetään, että sen todellinen keskisyvyys on

Koepuiden läpim. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*		< 5	5—10	10—15	15—20	20+
Hiekkamaa *Sand*	Pintajuuriston keskisyvyys keskim., cm *Mean average depth of horiz. root system, cm*	5.6	6.3	8.8	13.7	10.6
	Koepuita läpim.-luokissa *Sample trees in diam. classes*	5	4	2	1	5
Vähäkivinen moreeni tai somero; savi *Moraines or gravel, poor in stones; clay*	Pintajuuriston keskisyvyys keskim., cm *Mean average depth of horiz. root system, cm*	7.8	9.5	11.5	10.9	13.5
	Koepuita läpim.-luokissa *Sample trees in diam. classes*	4	5	1	4	1
Runsaskivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, rich in stones*	Pintajuuriston keskisyvyys keskim., cm *Mean average depth of horiz. root system, cm*	10.6	12.0	12.1	14.1	15.4
	Koepuita läpim.-luokissa *Sample trees in diam. classes*	3	6	2	4	3

laskettua suurempi. Äsken mainittujen 8 koepuun pois jättäminen laskuista ei muuttaisi tulosta, vaikka kolmas maalajiryhmä tällöin tulisi vähemmän selvästi erottumaan edellisestä.

Tarkasteltaessa metsätyyppien vaikutusta pintajuuriston keskisyvyyteen on ensiksikin todettava, että suurimmat keskisyvyydet on tavattu käenkaali-mustikka- ja mustikkatyypeillä (koepuut XII,1 ja IX,1) ja pienimmät kanervatyypillä (koepuut II,8 ja 9). Jos pannaan merkille, miten viimeksi esitetyn taulukon pohjana olevat koepuut pintajuuriston syvyyden puolesta suhtautuvat taulukon keskiarvoihin, saadaan seuraava tulos.

Metsätyyppi	Koepuista on keskisyvyyden puolesta läpimittaluokan keskiarvon yläpuolella	alapuolella
MT, OMT, OT	8	2
VT	7	7
CT	10	16

Tässä on keskiarvon yläpuolella oleviksi luettu ne koepuut, jotka puheena olevassa taulukossa yksin edustavat keskiarvoa (luokka 15—20, hiekkamaa; luokka 10—15 ja 20+, vähäkivinen moreeni y.m.) sen takia, että niiden syvyysluvut viereisiin luokkiin verrattuna ovat varsin korkeita. Yllä esitetyistä luvuista päättäen on puolukkatyyppi puheena olevassa suhteessa useimmin lähellä keskiarvoa, kanervatyyppi alapuolella, mustikkatyyppi taas ja sitä paremmat keskiarvon yläpuolella. Samaa käsitystä on omiaan vahvistamaan seuraava taulukko, joka esittää keskimääräisiä syvyyslukuja eri metsätyypeillä jaoiteltuina koepuiden koon ja maalajin laadun mukaan.

Koepuiden läpim. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*			< 5	5—10	10—15	15—20	20+
Hiekkamaa *Sand*	CT	Pintajuuristojen keskisyvyys keskimäärin, cm *Mean average depth of horiz. root systems, cm*	6.0	6.3	8.8	.	9.9
	VT		4.2	.	.	13.7	.
	MT, OMT, OT		.	.	.	.	11.6
Vähäkivinen moreeni tai somero; savimaa *Moraines or gravel, poor in stones; clay*	CT		7.8	9.4	.	8.8	.
	VT		.	9.6	.	12.5	.
	MT. OMT, OT		.	9.8	11.5	11.1	13.5
Runsaskivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, rich in stones*	CT		10.7	.	.	14.4	14.3
	VT		.	9.4	12.2	13.9	9.8
	MT, OMT, OT		11.6	25.1	.	.	22.1

Taulukossa ilmenee kyllä poikkeuksia puoleen ja toiseen, mutta pääsuuntana on kuitenkin pintajuuriston syveneminen parempia metsätyyppejä kohti.

Viimeksi esitettyjen taulukkojen lukuihin eivät sisälly tiedot turvemaan puista. Tarkasteltakoon niiden keskisyvyyksiä erikseen. Lihavalla ja verraten kuivalla turvemaalla (koeala XXI) on keskisyvyydeksi saatu 12.1 ja 5.2 cm (koepuut 1 ja 2). Kuivuvalla rämeellä (koeala XXIX) on syvyys 8.5 cm ja kuivumattomalla rämeellä (koeala XXVIII) 10—15 cm.

Ensiksi mainitulla kasvupaikalla on juurilla parhaat mahdollisuudet kehittyä syvälläkin, sillä pohjavesi on n. 0.5 m:n syvyydellä. Pintajuurten taso ei kuitenkaan ole erikoisen syvällä. Sen sijaan muistettakoon, että eräät syväjuuret ulottuivat jopa 50 cm:n syvyyteen. Toiseksi mainitulla kasvupaikalla (koeala XXIX) ei mitään syväjuuria ollut, ja pintajuurten tasokin oli matalalla. Tähän voinee osaltaan olla syynä turpeen kokoon painuminen kuivumisen vaikutuksesta. Keskisyvyys olikin suurempi koealalla XXVIII huolimatta siitä, että pohjavesi ulottui melkein maanpintaan. — Mainittakoon, että juurten syvyyden tarkka määrääminen suolla on vaikeaa. Esitetyt keskisyvyydet eivät perustu säännöllisin välein tehtyihin mittauksiin (vrt. koealaselostuksia).

Tarkasteltakoon vielä, mihin maakerroksiin männyn pintajuuristo kangasmailla pääasiallisesti levittäytyy. — Kaivettaessa ei ole voitu syvyysmittausten yhteydessä tehdä merkintää maakerroksesta; se olisi ollut liian työlästä siihenkin nähden, että kaivuuojan reunamasta harvoin olisi voitu mitään päättää ilman erikoista, sileää leikkausta. Tarkastelu on näin ollen toimitettava vertaamalla juuristojen keskisyvyyksiä ja koealalla merkittyjä maakerrosten vahvuuksia. Myös voidaan huomioon ottaa eri juurten keskisyvyydet.

Ensinnäkin on pantava merkille, että vain aivan pienten taimien pintajuuret enimmältä osaltaan kulkevat humuksessa (vrt. koepuita XXIII,3 ja XXXI,1). Tämä onkin luonnollista, kun muistetaan, miten ohut humuskerros metsämaillamme yleensä on. Tutkituilla koealoilla nousee mainitun kerroksen vahvuus ani harvoin 10 cm:iin tai sen yli (vrt. koealoja XXV ja XXX), tavallisesti on se vähemmän kuin 5 cm. Yksityiset, isompienkin puiden juuret saattavat kyllä kulkea suurelta osaltaan humuksessa (vrt. koepuita XVIII,1, XIX,1, XXV,1 ja XXX,1). — Kirjallisuudessa tavataan viittauksia siihen suuntaan, että puiden juuret karttaisivat valkomaakerrosta (esim. Tamm, 1920). Tätä ei voida huomata käsillä olevaa aineistoa tarkastettaessa. Käytettävissä tähän tarkasteluun on 49 sellaista mäntykoepuuta, joiden kasvupaikalla valkomaata tavattiin. Näistä 23:n pintajuuriston keskisyvyys oli pienempi kuin humuksen ja valkomaan yhteenlaskettu vahvuus. Pintajuuristo siis tällöin levisi pää-

asiallisesti juuri valkomaakerrokseen, koskapa, kuten edellä nähtiin, juuret vain poikkeustapauksissa kulkivat koko mitaltaan humuksessa. Tietenkin mainittujen 23:n puun pintajuurista myös osa kulki valkomaan alapuolella yleensä tavattavassa ruskomaakerroksessa. — Mainittakoon vielä, että puheena oleviin puihin kuului myös varttuneita yksilöitä (35 % luvusta oli rinnantasalta 10 cm tai enemmän). Edellisen nojalla voidaan siis päättää, että männyn pintajuuret eivät ainakaan huomattavasti kartaǀ valkomaakerrosta. Tämä pitää täysin yhtä kaivuun aikana saadun kokemuksen kanssa.

Niistä 49:stä puheena olevasta männystä, joiden kasvupaikalla tavattiin valkomaata, oli 26:n pintajuuriston keskisyvyys suurempi kuin humuksen ja valkomaakerroksen yhteinen vahvuus. Tällöin sattuivat keskisyvyydet aina ruskomaakerrokseen. Mutta kun keskisyvyydet usein olivat lähellä valkomaan alarajaa, on varmaa, että puheena olevien puiden juurista melkoinen osa kulki myös valkomaassa. Kokoon nähden mainittakoon, että tämän ryhmän koepuista oli 54 % rinnantasalta 10 cm tai enemmän. — Hesselman (1910) on tutkittuaan olosuhteita Norlannin mäntykankailla johtunut siihen käsitykseen, että männyn juuristo sanotuissa oloissa pääosaltaan kulkee valko- ja ruskohiekkakerroksissa, päätelmä, jonka kanssa edellä esitetty on täysin sopusoinnussa.

Vaakasuoria männyn juuria tavataan kyllä ruskeaa kerrosta syvemmälläkin, mutta yhdessäkään tapauksessa ei vaakasuoran juuriston keskisyvyys ole lähelläkään ruskean kerroksen alirajaa.

Vaakasuorilla juurilla on eräissä tapauksissa huomattu olevan taipumusta levittäytyä joihinkin määrättyihin maakerroksiin. Tästä on tehty merkintöjä m.m. koealoilla IV ja XV. Kummallakin kerralla oli kyseessä verraten syvällä oleva savimainen kerros, joka oli siihen rajoittuvia kerroksia hienompaa.

Savimailla leviää männyn juuristo humukseen ja sen alla olevaan humuksen sekaiseen kerrokseen.

Pystysuora- eli syväjuuristo.

PAALUJUURI.

Männyn syväjuuristo on se osa juuristoa, joka erikoisesti erottaa männyn muista meikäläisistä puulajeista. Tämä ero on kansan keskenkin yleisesti tunnettu, se tulee kantoja vääntäessä kyllin selvästi esiin. Tietenkin on paalujuuri ennen muuta ollut omiaan herättämään huomiota. Paitsi paalujuurta tunnetaan nimitykset: emäjuuri, pönkkäjuuri, napajuuri, karajuuri tai vain kara.

Myös oppi- ja käsikirjoissa on männyn paalujuuri aina mainittu. Niin ikään on yleisesti tunnetttua, ettei mänty suolla tai tiiviillä savimaalla muodosta paalujuurta sekä ettei myöskään kivisellä moreeni- tai someromaalla pääse säännöllistä paalujuurta kehittymään.

Mainituista havainnoista aivan eriävään tulokseen on Haasis (vrt. edellä ss. 36—37) tullut tutkiessaan 1—5-vuotista *Pinus ponderosa*n taimien juuriston suhtautumista vaihtelevaan maaperään Arizonassa. Täällä on havaittu paalujuuren ulottuvan syvimmälle savimaalla ja myös soramaalla verraten syvälle, mihin syynä kummassakin tapauksessa pidetään pintamaan nopeaa kuivumista. Ansaitsee mainita, että puheena olevalla puulajilla on Haasisin mukaan yleensä hyvin selvä ja syvälle menevä paalujuuri. — Että rämemännyilläkin voi olla jonkinlainen, vaikkapa surkastunutkin paalujuuri, osoittavat Kokkosen havainnot. Hän on pannut merkille, että näin on asia varsinkin, milloin puun tyven alla on vanha kanto tai muita puun jätteitä.

Paalujuuri on kirjallisuudesta päättäen yleisin ja tyypillisimmin muodostunut Keski-Euroopassa. Sieltä käsin on sen nimityskin meille kulkeutunut. Myös venäläiset tutkimukset osoittavat männyn paalujuuren siellä olevan säännöllisen juuristomuodon. — Meillä sitä vastoin on tehty havaintoja, joiden mukaan ei paalujuurta aina kehittyisi silloinkaan kuin ei maaperän laatu aseta esteitä. Niinpä Cajander (1917) mainitsee, »ettei mänty kuivimmilla laihoilla kankaillakaan, varsinkaan kauan metsättöminä olleilla, kehitä säännöllistä paalujuurta — —», sekä lisää, ettei »mänty myöskään Pohjois-Suomen vallitsevilla metsä-

tyypeillä kasvata selvää paalujuurta — —». RUBNER on matkustaessaan Suomessa v. 1923 tarkannut myös männyn juuristoja ja kirjoittaa: »Erwähnenswert ist auch ihre unterschiedliche Ausbildung der Wurzel; so fand ich schon in Südfinnland in sehr vielen Fällen keinerlei Pfahlwurzelbildung, sondern höchstens Herzwurzeln». AALTONEN (1920) tulee tutkittuaan Lapin hiekkakankailla männyn juuristoa siihen tulokseen, että paalujuuri ei ole harvinainen, joskaan se ei säännöllisesti esiinny. Pienillä puilla se oli yleisempi kuin suurilla (n. 50 %:lla alle 1.5 m:n mittaisista tutkituista männyistä oli selvä paalujuuri). Mainittakoon vielä, että HESSELMAN (1910) esittää mielipiteenään, ettei Norlannissa paalujuuri kuulu männyn säännönmukaiseen juuristomuotoon. TAMM on kuitenkin Pohjois-Ruotsissakin usein tavannut männyllä paalujuuren sellaisilla mailla, missä palsikerrosta ei ollut estämässä sen kehittymistä.

Edellä selostettujen huomioiden nojalla saattaa vetää sen johtopää-

Koepuiden koko *Dimensions of sample trees*	Hiekkamaa *Sand*		Vähäkivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, poor in stones*		Runsaskivinen moreeni tai somero *Moraines or gravel, rich in stones*	
	Koepuiden luku — *Number of sample trees*					
	Paalujuuri — *Tap root*					
	on *present*	puuttuu *absent*	on *present*	puuttuu *absent*	on *present*	puuttuu *absent*
Pituus alle 1.3 m *Height below 1.3 m*	2 (—)	— (2)	2 (2)	— (—)	17 (9)	3 (11)
D 1.3 0—5 cm	16 (10)	4 (10)	5 (1)	4 (8)	9 (4)	2 (7)
D 1.3 5—10 cm	2 (1)	2 (3)	2 (2)	3 (3)	6 (4)	2 (4)
D 1.3 10—15 cm	1 (1)	1 (1)			2 (1)	4 (5)
D 1.3 15—20 cm	1 (—)	1 (2)	3 (3)	— (—)	7 (6)	8 (9)
D 1.3 20+ cm	1 (1)	2 (2)		1 (1)	5 (3)	10 (12)

D 1.3 = Diam. 1.3 m kork. — *Diam. at 1.3 m height.*

töksen, ettei paalujuureton mänty Suomen eteläpuoliskon metsissäkään ole mikään harvinaisuus siinäkään tapauksessa, ettei mekaanisia esteitä ole juuriston kehitystä häiritsemässä.

Asian selvittämiseksi voidaan aineiston mäntykoepuista käyttää 142:a. Jos paalujuurella käsitetään muihin syväjuuriin nähden vallitsevaa juurta, joka ainakin jonkin matkaa (ainakin puun parin tyvidiametrin matkan) kulkee vertikaalisena ja haaraantumatta, saadaan lajittelemalla koepuut maaperän laadun ja rinnankorkeusläpimitan mukaan, sivulla 266 oleva yhdistelmä. Savi- ja turvemaan koepuut jäävät kuitenkin pois taulukosta.

Taulukkoa tarkastellessa (suluissa olevat luvut tulevat puheeksi vasta tuonnempana) huomaa helposti, että pienillä puilla tavataan paalujuuri useammin kuin suurilla. Huomio käy yksiin AALTOSEN (1920) Lapin mäntyjä koskevan tuloksen kanssa ja on helposti selitettävissä ajattelemalla esim. parin kymmenen cm:n syvyydellä sivulle kääntynyttä pikku puun paalujuurta. Kun puu kehittyy ja pintajuuret saavuttavat melkoisia mittoja, häviää alkuperäinen paalujuuri olemattomiin. — Taulukko osoittaa myös, että paalujuuri on hiekkamaalla yleisempi kuin moreeni- tai someromailla. Kovin suuri ei ero kuitenkaan ole, onpa läpimittaluokissa 0—5 cm ja 5—10 cm runsaskivisellä moreenilla tavattu paalujuuria suhteellisesti useammin kuin hiekkamaalla. Onko vähäkivisen ja runsaskivisen moreenin tai someron välillä puheena olevassa suhteessa eroa, ei aineiston nojalla voi päättää. — Kaikista taulukkoon otetuista koepuista oli 64 %:lla paalujuuri, ja 34 %:lta se puuttui.

Joskin hiekkamaalla siis tavataan odottamattoman paljon paalujuurettomia mäntyjä, on sen sijaan hiekassa kehittynyt paalujuuri tyypillisin näöltään muistuttaen enimmän käsikirjoissa yleisesti kuvattua porkkanan tapaista muotoa. Verrattakoon esim. koepuiden III, 1 ja III, 3 paalujuuria (kuvat 4 ja 31) moreenimailla tavattaviin. Ero on varsin tuntuva. Ja jos tarkemmin pidetään kiinni paalujuuren tyypillisestä muodosta, jos siis vaaditaan, että sen tulee koko mittansa suuntautua vertikaalisesti ja ettei se saa haaraantua ennen kuin lähellä päätään, johdutaan edellä puheena olleista melkoisesti poikkeaviin lukuihin. Nämä on esitetty samassa taulukossa sulkumerkkeihin pantuina. Huo-

mattakoon, että ero pienten ja suurten puiden välillä melkoisesti tasoittuu. Runsaskivisen moreenimaan kolmesta suurimmasta paksuusluokasta on sanottava, että luvut eivät ehkä anna aivan oikeaa kuvaa paalujuuren yleisyydestä. Suurin osa näiden luokkien puita on nim. tuulenkaatoja koealalta XI a, ja on ajateltavissa, että myrsky on runsaammin kaatanut sellaisia puita, joilta varsinainen paalujuuri puuttui. Toiselta puolen on myönnettävä, että sellainenkin juuristo kuin koepuilla XI a, 11 ja 15 (kuvat 40 ja 41) kyllä kiinnittää puun hyvin lujasti maahan. — Jos otetaan huomioon taulukon sulkumerkeissä olevat luvut, saadaan tulokseksi, että 38 %:lla on paalujuuri, kun se taas 62 %:lta puuttuu.

Eri laatuisessa maaperässä on tietenkin paalujuurella erilaiset kehittymismahdollisuudet, ja se muodostuukin, niinkuin edellä on mainittu, esim. hiekkamaassa näöltään jonkin verran poikkeavaksi moreenimaan muodosta. Moreeni- tai someromaalla tapaa nim. hyvin harvoin niin säännöllisiä ja muihin syväjuuriin nähden ehdottomasti vallitsevaa muotoa kuin esim. hiekkamaan koepuilla III, 1 ja 3 (kuvat 4 ja 31). Verrattakoon niitä eräisiin selvimpiin moreenimaan paalujuuriin, esim. koepuiden XI a, 24 ja XXIII, 1 (kuvat 43 ja 56). Kuitenkin on mainittava, että paalujuuri hiekkamaallakin saattaa kehittyä verraten säännöttömäksi, kuten koepuun III, 2 juurakkoa esitettävä kuva 30 osoittaa.

Tarkasteltakoon sitten paalujuuren kehittymismahdollisuuksia savi- ja turvemailla. On edeltäkäsin selvää, että savimaahan nähden tiivis maaperä ja turvemaahan nähden pohjaveden yleisesti korkea taso asettaa esteitä paalujuuren kasvulle. Savimailta on puheena olevassa suhteessa selvitetty 8 koepuuta. Näistä kahdella oli selvä paalujuuri, nim. koepuilla VI, 5 ja XVIII, 3 (jälkimmäistä esittää kuva 51). Edelleen on kahdella jonkinlainen paalujuuren aihe olemassa, nim. koepuilla VI, 2 ja XVIII, 1 (jälkimmäisestä kuva 50). Muilla sen sijaan oli pohjaltaan aivan tasainen juuristo, sellainen kuin nähdään kuvassa 35. Nyt on otettava huomioon, että maaperä koealalla XVIII ei ollut puhdasta savea, vaan savista, hyvin kiinteätä moreenia. Toiseksi on mainittava, että koepuu VI, 5 kasvoi pienen painanteen reunalla, joten sitä ei ainakaan pintavesi vaivannut, kuten ajoittain muita, itse painanteessa kasvavia koealan VI koepuita.

Lisäksi oli savi täällä vähemmän kiinteää. Kaiken kaikkiaan näyttää edellisen nojalla savimaallakin edullisissa olosuhteissa voivan kehittyä paalujuuri tai ainakin lyhyt paalujuuren aihe.

Turvemailta on tutkittu 4 koepuuta, joilla ei paalujuurta ollut yhdelläkään, ei myös paalujuuren jätettä tai aihetta. Sen sijaan ei syväjuuriston voi sanoa tyyten puuttuneen koepuulta XXI, 1, joka kasvoi verraten kuivalla, lihavalla turvemaalla.

Paalujuuri päättyy tavallisimmin jokseenkin äkkiä hajoten moniin haaroihin, jotka puolestaan haarovat runsaasti, mutta eivät ulotu kauas. Varsin tyypillisiä tässä suhteessa ovat esim. koepuut III, 1, III, 3, XI a, 24 ja XXIII, 1 (kuvat 4, 31, 43 ja 56). Toisinaan kuitenkin sattuu, että juuri tai jokin sen haaroista ikäänkuin muuttaa luonnettaan ja jatkuu miltei tasapaksuna syvyyttä kohti. Esimerkkinä tästä mainittakoon koepuiden XII, 1 ja XV, 1 (kuvat 45 ja 49) muutoin hyvin tyypillisen näköiset paalujuuret. Paalujuurten haaromisesta lopussaan johtuu, että ne harvoin saavuttavat suurta syvyyttä silloinkaan kuin ei maaperä ole esteenä alaspäin tunkeutumiselle. Niinpä koepuiden III, 1, 2 ja 3 paalujuuret ulottuivat vain n. 1.5 m:n syvyyteen, kun sitä vastoin eräät muut syväjuuret saavuttivat yli 3 m:n syvyyden. Tämän seikan, että nim. paalujuuret yleensä eivät ole syvimmälle ulottuvia juuria, on pannut merkille myös Tolski (1904, 1905, b) tutkiessaan männyn juuristoja Venäjällä Samaran kuvernementissa. — Paalujuuren päätehaaroma on hyväkasvuisilla puilla runsas ja tiheä, heikkokasvuisilla siitä tuskin voi puhua. Verrattakoon vain keskenään toisaalta esim. koepuiden XV, 1 ja XXIII, 1 (kuvat 49 ja 56), toisaalta koepuiden XX, 2 ja XVIII, 3 (kuvat 19 ja 51) juurakkoja.

LÄHISYVÄJUURISTO.

Siihen huomioon verrattuna, mikä on tullut paalujuuren osaksi, on muu syväjuuristo jäänyt melko lailla varjoon. Oppi- ja käsikirjoissa niistä yleensä vaietaan, eikä niitä kansan keskenkään ole erikoisesti pantu merkille, ne kun ovat paalujuureen verrattuna tavallisesti jokseenkin vähäpätöisiä. Juuriston tutkijoista ovat kuitenkin jotkut kiinnittäneet niihin huomiota. Niinpä ovat m.m. Tolski Venäjällä sekä Albert ja

Liese Saksassa tehneet niitä koskevia havaintoja. Albert käyttää niistä nimitystä Senkerwurzel, Liese nimeä Abläufer.

Tässä tutkimuksessa erotetaan kyseessä olevia juuria kahta laatua sen mukaan, ovatko ne sijoittuneet lähelle puun tyveä vai kauemmas siitä. Ensinnä otetaan puheeksi edelliset, joita sanotaan lähisyväjuuriksi. Ne muistuttavat monessa suhteessa paalujuurta ja näyttävät eräissä tapauksissa korvaavan sen tai toisissa avustavan sen toimintaa. Tavallaan muodostavat ne siis paalujuuren kanssa kokonaisuuden, jolle tässä käytetään nimeä keskussyväjuuristo. Samalle käsitteelle käyttää Liese kylläkin kuvaavaa nimitystä Wurzelstativ. Paalujuuresta eroavat lähisyväjuuret m.m. siinä, että niistä harvoin lähtee horisontaalisia, pitkälle ulottuvia haaroja. Niinpä vain kerran sattui, että tällainen haara oli karttaan merkittävä.

Lähisyväjuuret voivat saavuttaa melkoisia paksuusmittoja varsinkin silloin kuin paalujuuri puuttuu (esim. koepuu II, 2, kuva 1) tai hajoaa useihin haaroihin eikä siis ole mikään varsinainen paalujuuri. Viimeksi mainitusta tapauksesta tarjoavat lukuisia esimerkkejä kivisen moreenimaan koepuut esim. XI a, 6, 11 ja 15 (kuvat 39, 40 ja 41). Milloin taas paalujuuri on nimensä arvoinen, ovat lähisyväjuuret siihen verrattuna ohuita, mutta voivat kuitenkin olla melkoisen vankkoja. Verrattakoon koepuita III, 1 ja 3 (kuvat 4 ja 31). Puheena olevat juuret ovat laadultaan erilaisia. On sellaisia, jotka ennen pitkää hajoovat luutamaiseksi tai viuhkamaiseksi muodostumaksi, ja sellaisia, jotka melkein haaromatta painuvat kohti syvyyttä. Edellisiä tavataan sekä hiekka- että moreenimailla, vieläpä savimaillakin, jälkimmäisiä vain hiekkamailla. Esimerkkinä edellisistä mainittakoon hiekkamaalta koepuu III, 3 (kuva 31), moreenimaalta koepuu XI a, 15 (kuva 41) ja savimaalta koepuu VI, 5, ja jälkimmäisistä koepuu III, 1 (kuva 4). Voi myöskin sattua, että joku luutamaisen juuren alimmista haaroista lähtee melkein haarautumatta painumaan alaspäin. Esimerkki tällaisesta nähdään kuvassa 49 (koepuu XV, 1, kuvassa oikealla oleva syväjuuri).

Lähisyväjuuret päättyvät usein, milloin ne eivät ole varsin syvälle ulottuvia, omituiseen, litteään, viuhkan tapaiseen haaromaan. Niitä on

tavattu etupäässä hiekkamaalla. Käsityksen näistä muodostumista antaa kuva 29. Sen esittämät päätehaaromat ovat koepuiden II, 7 ja III, 1 juuristoista 40—70 cm:n syvyydeltä. Niiden lukuisat kasvulliset kärjet, jotka olivat valkeita ja meheviä, olivat kuvaa otettaessa kuivuneet, joten »viuhkat» eivät näytä niin tiheiltä ja kauniilta kuin ne luonnossa olivat. Haaromat olivat litteitä vertikaalisessa tasossa. Maaperässä ei ollut mitään sellaista, jonka aiheuttamana litistymistä voisi pitää; täysin homogeeninen hiekka ympäröi joka taholla puheena olevia juuren osia. »Viuhkat» eivät ole tuntemattomia muuallakaan. Niinpä Tolski (1905, b) on pannut niitä merkille, niin ikään hiekkamaan männyillä, kaakkois-Venäjällä. Zimmermann, joka on tutkinut syitä männyn kuolemiseen Lüneburgin nummella, esittää täältä kuvia männyn juuristoista. Niillä voidaan huomata aivan samanlaisia viuhkamaisia muodostumia kuin yllä kuvatut. Myös Liese (1926) on Eberswaldessa tavannut männyillä kyseessä olevia haaromia. Onko kyseessä hiekkamaa vai multava puutarhamaa, ei selviä esityksestä. Haaromia oli sekä paalujuuren että lähisyväjuurien alapäissä. Liese mainitsee, että ilmiötä on väärin selitetty ravintoaineiden sijoituksesta tai myös puristusistutuksesta johtuvaksi. Itse selittää hän asian juurten putkilo-osien lukuun nojaamalla. Kun paalujuuri on määrätyltä syvyydeltä lähtien diarkkinen samoin kuin kaikki sivujuuret, on seurauksena juurihaarojen asettuminen kahta puolta samaan tasoon. Selitys tuntuu oikealta siihen nähden, että on vaikea ajatellakaan ilmiötä ulkonaisten vaikuttimien aiheuttamaksi sellaisissa oloissa kuin esim. koealalla II Rautavaaralla. Merkittäköön kuitenkin, että viuhkoja ei sanottavasti huomattu varsinaisilla paalujuurilla, eikä yhtä selvinä kuin hiekkamailla.

Lähisyväjuurten syvyysulottuvaisuus on suuressa määrin riippuvainen maalajista. Suurimmat syvyydet saavutetaan hiekkamailla. Ja tällöin on juurten vertikaalinen ulottuvaisuus riippuvainen pohjaveden tasosta. Lähisyväjuurten välityksellä näyttää nim. mänty useimmiten pyrkivän pohjaveteen käsiksi. Ja hiekkamaalla mänty tässä usein onnistuukin. Suurin syvyys, johon männyn syväjuurta seurattiin, oli 315 cm. Pohjavesi oli kaivuun aikana 270 cm:n kohdalla, mutta on mahdollista, että se sateisen kesän (1923) jälkeen oli tavallista korkeammalla. Kyseessä oleva

koepuu oli III, 1. N. kahden metrin syvyyteen on seurattu lisäksi seuraavien koepuiden vertikaalisia juuria: II, 2, 7, 8, XV, 1. Kussakin tapauksessa saavutettiin pohjavesi, jonka tason alapuolelle juuret vielä yltivät jonkin matkaa (puun II, 2 juuri 46 cm). Pohjaveden alapuolella, siis viimeiset 30—40 cm syvyysmitasta kulkee juuri hyvin mutkitellen ja painuu vain vähä vähältä alaspäin. Viitattakoon vielä seuraavien koepuiden aikaisemmin esitettyihin selostuksiin: II, 2, II, 7, II, 8, III, 1, VII, 1 ja XV, 1. Niissä on tarkemmin esitetty pohjaveden taso, juurten kasvutapa, etäisyys tyvestä j.n.e. Tässä olkoon vielä mainittu, että puheena olevien vertikaalisten juurten pituus niiden mutkittelusta johtuen on paljon suurempi kuin niiden saavuttama syvyys. — On hyvin todennäköistä, että männyn vertikaaliset juuret hiekkamaalla voivat tunkeutua syvemmällekin kuin edellä mainittu suurin mitta osoittaa, jos nim. pohjavesi on näin syvällä. Tolski (1905) on Venäjällä Samaran kuvernementissa tutkinut männyn juuriston, jonka vertikaaliset juuret ulottuivat aina 4 m:n syvyyteen. Puu oli 110-vuotinen, maaperä on hiekkaa, joka 2—3 m:n syvyydellä vaihtui merkelisaveksi. Pohjaveden ilmoitetaan olleen 475 cm maanpinnan alapuolella. Vyisotski (1899) on etelä-Venäjällä tavannut puiden juuria 8 m:n syvyydessä sekä (1906) keski-Venäjällä pannut merkille tammen juurien tunkeutumisen aina 4 m:n syvyyteen. Vielä mainittakoon, että Cannon (1911) on Arizonassa todennut eräiden *Populus* lajien juurten ulottuvan aina 8 m:n syvyyteen ja että Liese (1926) ilmoittaa Eberswalden korkeakoululla säilytettävän männyn paalujuuren palasta, joka on otettu talteen 6 m:n syvyydeltä. Edellä luetellut tiedot antavat tukea otaksumalle, että männyn juuret meidänkin hiekkakankaillamme voivat tavoittaa pohjavettä hyvinkin syvältä.

Aivan toisin on yleensä asianlaita moreeni- ja someromailla. Saavutetut syvyydet ovat jokseenkin vähäpätöisiä, ja koko keskussyväjuuriston saavuttama taso on useinkin sama. Juuriston »pohja» on näin ollen enemmän tai vähemmän tasainen (esimerkkejä: koepuut XIX,1, XIII,1 ja XI a, 11; kuvat 53, 46 ja 40). Useimmissa tutkituissa tapauksissa ei juuristo ulotu metrinkään syvyyteen. Sellaiset ulottuvaisuudet kuin koealalla XII (suurin syvyys 132 cm) ovat harvinaisia. Mainittakoon muu-

ten, että tämä koeala oli kivisyydestään huolimatta erikoisen syväjuurinen; niinpä joukko tutkittuja pikku kuusiakin ulotti vertikaalisia juuria melkoiseen syvyyteen. — Vähäkivisillä moreeni- ja someromailla näyttävät syväjuuret voivan saavuttaa huomattavia mittoja. Siten ulottui koepuun XVII, 1 paalujuuri jotenkin varmasti ainakin 1.5 m:n syvyyteen.

Pohjaveteen asti eivät juuret moreeni- ja someromailla yhdessäkään tapauksessa ulottuneet. Niiden kasvutapakin on sellainen, ettei se osoita taipumusta syvälle tunkeutumiseen. Runsaasti haarova juuri ei nim. yleensä ulotu pitkälle, olkoon se sitten pystysuora tai vaakasuora. Moreeni- ja someromaan vertikaaliset juuret taas, kuten silmäys kuviin osoittaa, ovat hyvin haarovia, varsinkin kivisillä mailla.

Että savimaallakin voidaan tavata lähisyväjuuria (myös paalujuuri), osoittaa koepuu VI, 5, jolla oli rungon lähettyvillä runsaasti tyvestään vankkoja, mutta pian luutamaisiksi hajoavia syväjuuria. Heikinheimon (1926) tutkimus on näyttänyt, että lehtikuusen juuristo erittäin kiinteällä savimaalla tunkee perusmaahan hirvensarven tapaisia litteitä juuriviuhkoja, joista syvimmät keskimäärin ulottuvat 90 cm:n syvyyteen. Kyseessä on iäkäs ja kookas Raivolan lehtikuusikko. Juuriviuhkojen litteys johtuu Heikinheimon mukaan siitä, että ne ovat tunkeutuneet mineraalimaan halkeamiin.

Turvemaalla esiintyy lähisyväjuuria tietenkin vain silloin kuin pohjavesi on kyllin syvällä. Niinpä koealalla XXI, jossa pohjavesi oli n. 0.5 m:n syvyydellä, tavattiin eräitä lähisyväjuuria, jotka ulottuivat vieläpä hiukan pohjaveden tason alapuolelle. Vetisemmillä koealoilla XXVIII ja XXIX sen sijaan ei tavattu vähäpätöisiäkään syväjuuria. Kokkosen tutkimuksen mukaan seuraakin juurten saavuttama alin taso soilla pohjaveden korkeutta.

HAJASYVÄJUURISTO.

Vähimmän huomiota kaikista syväjuurista ovat saaneet osakseen verraten etäällä rungosta tavattavat pintajuurten vertikaaliset haarat, hajasyväjuuret. Tolski (1905) mainitsee niitä tavattavan pohjaveden ollessa lähellä pintaa, jolloin pitkin horisontaalisen juuren pituutta sivujuuret mää-

rätyn matkan päässä toisistaan kääntyvät alaspäin. Täten nousee vertikaalisten juurten yhteispituus niin, että se eräissä tapauksissa voi olla jotenkin horisontaalisten juurten vastaavan luvun tasalla. Pohjaveden taas ollessa syvällä lähtevät TOLSKIN mukaan kaikki horisontaalisten juurten haarat kulkemaan pintamyötäisesti. LIESE (1926) on huomannut puheena olevia juuria lähtevän vanhojen puiden pintajuurista aina 6—8 m:n etäisyydellä rungosta.

Tutkituilla puilla havaittiin hajasyväjuuria kaikenlaisilla mailla (ei kuitenkaan suolla eikä tiiviillä savimaalla) riippumatta pohjaveden läheisyydestä. Niitä oli varsin kaukanakin rungosta, kuten esim. kartta n:o 11 (koepuu XIV, 1) osoittaa (hajasyväjuuret merkitty pienillä kiemuraviivoilla). Niinpä juurta pitkin mitattuna eräs hajasyväjuuri oli 18 m:n etäisyydellä tyvestä.

Puheena olevat juuret (näiksi luetaan myös vaakasuoran juuren alaspäin kääntynyt kärkiosa) voivat saavuttaa melkoisia syvyysmittoja ja yltävät hiekkamaalla nähtävästi useinkin pohjaveteen saakka (esim. koepuut II, 7 ja 8, III, 1, VII, 1, XIV, 1 ja XV, 1). Moreenimaalla saattavat hajasyväjuuret ulottua samaan syvyystasoon kuin keskussyväjuuretkin, mutta ei ole havaittu niiden tunkeutuvan syvemmälle.

Hajasyväjuuret ovat yleensä paksuusmitoiltaan vähäpätöisiä silloinkin kuin on kyseessä varttunut puu. Niinpä tyvestään 2 cm:n vahvuiset hajasyväjuuret ovat harvinaisia. Vahvin tavattu oli eräs koepuun XIX, 1 juuri, joka lähti n. 1.5 m:n etäisyydeltä rungosta lukien; sen tyviläpimitat olivat 39×50 mm. Mainittakoon, että puheena olevat juuret toisinaan kehittyvät tyvestään melkoista vahvemmiksi kuin niiden horisontaalinen emäjuuri (verrattakoon koepuun XIX, 1 selostusta).

Esiintymiseen nähden on merkille pantava, että hajasyväjuuria useimmin tavataan ryhminä. Saattaapa niitä muutaman senttimetrin välimatkoin lähteä toista kymmentä samasta juuresta, kuten kuva 53 osoittaa (koepuu XIX, 1). Myös on merkittävä, että mainitut ryhmät usein muodostuvat eri juurten vertikaalisista haaroista. Näin on laita m.m. äskeisen kuvan esittämässä tapauksessa (vrt. karttaa n:o 16), ja muut juurikartat osoittavat lukuisia mainitunlaisia ryhmiä. Edelleen on omiaan kiinnittä-

mään huomiota se seikka, että hajasyväjuurten muodostamiin ryhmiin saattaa kuulua eri puiden, vieläpä eri puulajien ja varpukasvienkin juuria. Tällaisia yhtymiä (eräissä tapauksissa ovat lähisyväjuuret osana ryhmästä) on mainittu seuraavien koepuiden selostuksissa: I, 1, II, 7 ja 8, III,1 ja XV,1. Edellisen nojalla näyttää siltä, että hajasyväjuurten esiintymistavan aiheuttaa jokin erikoinen syy. Ohjetta sen selvittämiseen saadaan jo siitä tosiseikasta, että usein huomataan syväjuuren lähtevän vanhan, lahonneen kannen kohdalta ja painuvan alas pitkin lahoavaa juurta tai sen jättämää uomaa. Edelleen löytyy usein syväjuuren lähettyviltä lahoja juuren palasia silloinkin kuin ei pinnasta lähtien mitään kannon tai juuren jäännöksiä ollut havaittavissa. On todettu sellainenkin tapaus (koepuu II, 8), että alaspäin painuva juuri kulki kokonaisen metrin vanhan, lahon juuren sisällä, jonka kuori kuitenkin oli säilynyt eheänä. Tällaista juuren kasvamista »putkea» myöten tavattiin useallakin koealalla, vaikka ei putki ollut yhtä pitkälti säilynyt eheänä.

Edellä selostettujen havaintojen nojalla johtuu ehdottomasti päättelemään, että *hajasyväjuuria syntyy etupäässä vanhojen kantojen tiloille.* Päätelmä pohjautuu enimmäkseen hiekkamaalla tehtyihin havaintoihin, mutta pitää nähtävästi paikkansa muunkinlaisiin maalajeihin nähden.

Hajasyväjuurten muodosta on mainittava, että ne hiekkamaalla haarovat jokseenkin vähän, ja haarat kulkevat alaspäin samaa uomaa kuin pääjuurikin. Tunnusmerkillistä on juurten nuoramaisuus; oheneminen on usein varsin pitkälti tuskin huomattavaa. Moreenimaalla ovat kyseen alaiset juuret usein jäykempiä, ne kapenevat nopeammin ja päättyvät usein luutamaiseen haaromaan. Monesti on niiden suunta jonkin verran viisto.

Aikaisemmin on jo viitattu siihen, että vertikaaliset juuret toisinaan voivat olla myös ylöspäin suuntautuvia. Ne ovat yleensä syvällä kulkevien vaakasuorien juurten haaroja, jotka pyrkivät maanpintaan ja jatkavat kulkuaan horisontaalisesti tultuaan lähelle sitä. Tällaiset juuret ovat verraten harvinaisia. Erikoisesti merkille pantuja tavattiin koealoilla IV ja VII. Juuret, joista ne saivat alkunsa, olivat 40 ja 30 cm:n syvyydellä.

KESKUSJUURISTON MUOTOJA.

Keskusjuuristoon luetaan aikaisemmin esitetyn määrittelyn mukaan sekä keskussyväjuuristo (paalujuuri ynnä lähisyväjuuret) että tyven lähellä oleva osa pintajuuria, toisin sanoen se osa juuristoa, joka saadaan näkyviin juurakkoa valokuvattaessa.

Sen jälkeen kuin syväjuuriston eri osat edellä ovat tulleet selvitetyiksi, on syytä tarkastaa yllä mainittua kokonaisuutta, keskusjuuristoa, joka olosuhteiden mukaan voi kehittyä varsin erilaiseksi. Voidaan kuitenkin erottaa muutamia tyyppejä, jotka ovat määrätyille olosuhteille ominaisia. Seuraavassa lyhyt esittely niistä: 1) Yksinäinen selvä paalujuuri, lähisyväjuuria ei esiinny. 2) Selvä paalujuuri säilyy, mutta sen rinnalle kehittyy merkittäviä lähisyväjuuria, jotka voivat ulottua syvemmälle kuin itse paalujuuri. 3) Paalujuuri on tyyten hävinnyt, mutta lähisyväjuuret hyvin kehittyneet. 4) Paalujuuri hävinnyt tai surkastunut, lähisyväjuuria ei ole kehittynyt. 5) Paalujuuri on kääntynyt sivulle ollen usein alkuna syvältä lähtevälle vaakasuoralle juurelle. 6) Muutamat (2 –6) vahvat puun tyvestä tai sen läheltä lähtevät juuret painuvat vankkoina ja suuresti haaromatta jonkin matkaa suoraan alaspäin, kunnes jokseenkin äkkiä päättyvät jakautuen moniin pikku haaroihin. Tätä juuristomuotoa voisi nimittää p y l v ä s j u u r i s t o k s i. 7) Useat puun tyvestä tai sen läheltä alkunsa saavat juuret suuntautuvat osittain suoraan alas, osittain vinosti alas haaraantuen ja haaroen sekä usein mutkitellen niin, että muodostuu sekava rykelmä, josta on hyvin vaikeaa tai mahdotontakin erottaa mitään vallitsevaa juurta. Tällaista olisi sopiva nimittää h a r o- j u u r i s t o k s i. 8) Jos edellä kuvatussa juurirykelmässä kuitenkin on keskellä yksi selvästi vallitseva juuri, voitaisiin puhua o s i t t a i s e s t a h a r o j u u r i s t o s t a.

Ensimmäisenä mainittu juuristomuoto on yleinen kangasmaiden taimilla ja pikku puilla melkeinpä maalajista riippumatta; vieläpä hyvin kivisellä moreenimaallakin tavataan puheena olevaa muotoa. Myös nuorilla puilla voi keskusjuuristo olla näin yksinkertainen, mutta varttuneilla harvoin. Verrattakoon kuvia 8, 45, 11, 19, 24 (koepuut XI, 14, XII, 1, XIII, 19, XX, 2, XXVII, 8).

Toinen ja kolmas juuristomuoto, paalujuuri lähisyväjuurineen tai lähisyväjuuret ilman paalujuurta, ovat tyypillisimpiä hiekkamailla; taimiasteella niitä ei tavata. Hyviä esimerkkejä tarjoavat koepuut III, 1, 2, 3 ja II, 2 (kuvat 4, 30, 31, 1). Samaan ryhmään on myös luettava koepuu II, 7 (kuva 3), vaikka sen paalujuuri haaraantuu jo melkein tyvestään ja menettää siten varsinaisen luonteensa. Joskaan ei niin tyypillisenä, tavataan puheen alaisen ryhmän juuristoja myös moreenimailla, kivisilläkin. Hyvän esimerkin tarjoaa koepuu XXIII, 1 (kuva 56) sekä koepuu XI a, 6 (kuva 39). Koepuun VI, 5 selostus osoittaa, että myös savimaalla, milloin se ei ole hyvin kiinteää, voi esiintyä kyseelliseen tyyppiin kuuluva juuristo.

Neljäs tapaus, puuttuva tai surkastunut keskussyväjuuristo, on sääntönä kiinteillä savimailla ja turvemailla silloin kuin pohjavesi on lähellä maanpintaa. Mutta puheena oleva muoto ei ole harvinainen hiekkamaallakaan (koepuut II, 1 ja 3, jälkimmäisestä kuva 2); myös moreeni- ja someromailla sitä tavataan (koepuut IV, 1, XVII, 2, XI a, 27; viimeksi mainitusta kuva 44). Jo taimiasteella saattaa paalujuuri hävitä, ja kun tällöin vielä harvoin esiintyy muitakaan syväjuuria, kuuluvat mainitunlaiset taimet käsillä olevaan juuristotyyppiin. Esimerkeiksi otetaan tässä vain pari sellaista pikku puuta, joiden keskusjuuriston kuva on julkaistu, nim. koepuut XIII, 22 ja XXVII, 2 ja 9 (kuvat 12 ja 25).

Viides juuristomuoto, sivulle kääntynyt paalujuuri, on verraten yleinen moreenimailla. Mainittakoon varttuneemmista vain koepuut XIII, 2, XXVII, 6, XXXII, 1 (someromaalta) (kuvat 47, 59, 60) sekä pikku puista koepuut XI, 12 ja XXVII, 12 (kuvat 7 ja 26). Hiekkamaankin pikku puiden joukossa on runsaasti sellaisia, joiden paalujuuri kääntyy sivulle joko lähempänä tai kauempana tyvestä. Varttuneista puista kuuluu tähän ryhmään koepuu XVI, 1. Yleensä on puheena oleva juuristomuoto tavallisempi pienillä kuin suurilla puilla. Kerran sivulle käännyttyään näyttää nim. paalujuuri muuttuvan yhä enemmän tavallisen pintajuuren kaltaiseksi, ja paalujuuren luonne häviää vähitellen kokonaan. Varttuneilla puilla on tämä muutos usein ehtinyt täydelleen tapahtua, pienillä se on monesti kesken. Tätä tietä ovat varmasti kehittyneet sellaiset juuristot

kuin koepuiden II, 1, II, 3 (kuva 2), XXVII, 6 (kuva 59) sekä IV, 1.

Kuudes, pylväsjuuristoksi mainittu juuristomuoto, on tavattavissa moreenimaiden varttuneilla puilla. Esimerkeiksi sopivat koepuut V, 1 ja XIII, 1, XI a,19 (kuvat 34, 46 ja 42). Eräs HEIKINHEIMON (1926) kuvaama lehtikuusen juuristomuoto, jota hän nimittää tyypilliseksi, lähentelee muodoltaan pylväsjuuristoa. Maalaji, jolla tällaista juuristoa tavattiin, oli »löyhä kivetön hieta, jossa toisinaan on syvemmällä kovempia maakerroksia». Kuvaus on kiintoisa sen takia, että tekijä mainitsee aivan samanlaisen juuristomuodon tavattavan myös männyllä maaperän ollessa samanlaista.

Harojuuristo, seuraava keskusjuuriston tyyppi, on moreenimailla varsin yleinen, mutta esiintyy vain varttuneilla puilla. Esimerkkeinä mainittakoon koepuut XI, 1 ja XI a, 11 (kuvat 38 ja 40). Omituista kyllä on myös hiekkamaalta kaivettu jokseenkin tyypillinen harojuuristo, nim. koepuun XXII, 1 (kuva 55). Kuitenkin on mainittava, että hiekassa tavattiin harvakseen eri kokoisia kiviä, ja mikä on tärkeintä, tiivis kivinen sora alkoi jo 80 cm:n syvyydellä. Verraten lähellä oleva tiivis kerros näyttää tässä aiheuttavan juuriston poikkeamisen kauas tavallisesta paalujuurityypistä. Samoin lienee ollut asia HEIKINHEIMON (1926) esittämässä tapauksessa. Lukuisat mittaukset nim. osoittivat, että »tyypillinen» lehtikuusen juuristo keskimäärin ulottui 130 cm:n syvyyteen. Voinee olettaa, että samanlainen männyn juuristo on ulottunut yhtä syvälle.

Viimeinen juuristotyyppi, osittainen harojuuristo, on sekin etupäässä moreenimaalla tavattava. Se on niin ikään varttuneiden puiden juuristomuoto. Esimerkkeinä mainittakoon koepuut XIX, 1 ja XI a, 15 (kuvat 53 ja 41).

On aivan luonnollista, etteivät esitetyt kahdeksan tyyppiä voi tarkoin sulkea piiriinsä kaikkia tavattavia muotoja. Epäilemättä esiintyy useinkin juuristoja, joita on vaikea sijoittaa mihinkään puheena olevista tyypeistä. Mutta tästä huolimatta ovat ne omiaan selventämään käsitystä männyn keskusjuuristosta ja ikään kuin kokoovat yhteen aikaisemmin siitä esitetyt tosiseikat.

Voidaan sanoa, että kaikkia edellä esitetyistä juuristotyypeistä tavataan täysin normaalisesti kehittyneillä männyillä. Mikään niistä ei siis ehdottomasti tiedä männylle epäsuotuisia oloja. Sen sijaan kyllä runsas ja voimakas syväjuuristo, olipa se mitä tyyppiä tahansa, kuuluu yleensä puulle, jonka maanpäällinen osa on hyvin kehittynyt. Männyn tunnettu mukautumiskyky ilmenee siis tässä erittäin selvästi. Syväjuuristo on sille tarpeellinen ja hyödyllinen, mutta jos olosuhteet estävät sen muodostumisen, kykenee mänty toisella tavoin järjestämään syväjuuriston tehtävät. Omituisinta on, että mänty kuivalla ja laihalla hiekkakankaallakin voi viihtyä ja kasvaa olosuhteisiin katsoen mainiosti ainakin 40 ikävuoteen saakka ilman yhtään merkittävää vertikaalista juurta, samaan aikaan kuin useat sen naapureista ulottavat juuria aina pohjaveteen asti. Tällaisia puita olivat koepuut II, 1 ja varsinkin II, 3. Korkeintaan oli niillä jokin aivan pieni hajasyväjuuri, jota kaivettaessa ei huomattu. Edellinen oli yksinäinen puu ja oli sen takia saavuttanut hiukan suuremmat mitat, mutta latvus oli harva ja kalpea ja pituuskasvu taantumassa. Jälkimmäinen kasvoi ryhmässä, oli rehevän näköinen ja viimeiset kasvaimet pitkiä. Sitä ei syväjuurten puuttuminen mitenkään näyttänyt haittaavan, ellei se mahdollisesti ollut syynä sen jäämiseen naapureitaan pienemmäksi. Koepuu II, 1 sen sijaan oli, kuten mainittu, jonkin verran kärsivän näköinen. Syyksi on vaikea keksiä muuta kuin syväjuurten puutteen. Mainittakoon, että pintajuuristo oli erittäin laaja ja hyvin kehittynyt.

Puuttuvan syväjuuriston näyttää mänty savimaalla ja lihavalla turvemaalla korvaavan kehittämällä erittäin tiheän pintajuuriverkoston tyven ympärille. Verrattakoon kuvia 35, 36, 57 sekä karttaa n:o 20 (koepuut VI, 1, XXIV, 1 ja XXI, 1). Huomattakoon, että savimaan koepuulla VI, 5, jolla oli syväjuuristo, ei ollut lähimainkaan niin tiheää pintajuuristoa tyven ympärillä kuin koepuulla VI, 1, jolta syväjuuret tyyten puuttuivat.

Juuristoa kokonaisuudessaan koskevaa käsittelyä.

JUURISTON KUUTIOMÄÄRÄ.

Juurten kuutioiminen on suoritettu pätkittäistä menettelyä käyttämällä. Pitkien pituuden ovat määränneet ne etäisyydet juuren tyvestä, joiden kohdalla juuren läpimitta ja syvyys on määrätty. Pintajuurten kuutioitavat pätkät olivat siis useimmiten pituudeltaan tyvestä lukien 0.5 m, 0.5 m, 2 m, 2 m j.n.e., mutta usein puun koostakin riippuen oli 1 m:n mittainen kappale pisin käytetty. Juuren kuutiorikkain tyviosa tuli näin ollen tarkimmin kuutioiduksi. Kunkin pätkän kuutiosisältö on määrätty sen kummastakin päästä otettujen läpimittojen nojalla (SMALIANin kaava). Tyvikappaleen kuutio tulee tällä tavoin kyllä jonkin verran liian suureksi, mutta katsoen kappaleen lyhyyteen ei liikamäärä pääse nousemaan sanottavaan mittaan. Toisaalta on otettava huomioon, että kappaleen keskiläpimitan mukainen kuutio (HUBERin kaava) antaisi liian pieniä arvoja. Näin ollen on mieluummin käytetty edellistä menetelmää, joka jossain määrin tasoittaa juurten mahdollisten katkeamisten aiheuttamaa kuution vähennystä. Toiseksi olisi keskiläpimitan (0.25 m:n kohdalta) ottaminen tuottanut melkoista lisätyötä, tyviläpimitta kun oli joka tapauksessa määrättävä, samoin puolen metrin läpimitta. — Syväjuurten kuutioiminen oli niiden laadun mukaan jonkin verran vaihtelevaa.

Syväjuuriston kuutiomäärä, vaikka siihen on luettu kannon aluskin kuuluvaksi, on yleensä pienempi kuin pintajuuriston. Kuutioiden suhteeseen vaikuttaa luonnollisesti paljon juuristomuoto. Jonkinlaisen käsityksen tästä suhteesta antavat kuitenkin seuraavat luvut.

Vertikaalisen juuriston kuutio horisontaalisesta, % *Volume of vertical root system in % of the horizontal system*					
Koepuiden luku — *Number of sample trees*					
0—20 %	20—40 %	40—60 %	60—80 %	80—100 %	100+ %
12	12	13	3	1	2

Ensimmäiseen sarakkeeseen kuuluvat yhtä lukuun ottamatta ne puut, joilla ei varsinaista syväjuuristoa ollut. Kahden puun syväjuuristo on kuutioltaan edellä pintajuuristosta. Toinen näistä on koepuu XIII, 1, jonka pylväsjuuristo on erittäin vankka, mutta pintajuuret tyvestään harvinaisen ohuita (vrt. kuvaa 46). Toinen taas on kuolemaisillaan oleva koepuu XX, 2, jonka paalujuuri on kuution puolesta joltinenkin, mutta pintajuuret järjestään hyvin ohuita. Hyvän käsityksen tämän puun syvä- ja pintajuuriston tilavuussuhteista antaa kuva 19.

Absoluuttisissa luvuissa lausuttuna vaihtelee tietenkin juuriston kuutio puun koosta riippuen sangen laajoissa rajoissa. Mainittakoon, että suurin kuutioitu juuristo oli tilavuudeltaan 0.1575 m^3, mutta myös runko oli koepuista kookkain, nim. 0.7108 m^3. Seuraavat neljä juuriston kuutiota olivat tämän jälkeen suurimmat, nim. 0.1369 m^3 (runko 0.4090 m^3), 0.1100 m^3 (runko 0.4677 m^3), 0.0741 m^3 (runko 0.3437 m^3) ja 0.0687 m^3 (runko 0.4434 m^3).

Tarkasteltaessa juuriston kuution prosenttista suhdetta rungon kuutioon voidaan ensin panna merkille, ettei yhdenkään mäntykoepuun (jonka juuristo on kuutioitu) juuristo ollut tilavuudeltaan runkoa suurempi. Suurin todettu prosentti (juuriston kuutio rungon kuutiosta) oli 94.8 (koepuu XXIX, 1, kasvupaikka kuivuva räme) ja pienin 15.0 (koepuu XXXII, 1, kasvupaikka kivinen puolukkatyypin someromaa). Toiseksi suurin prosentti taas oli 86.6 ja toiseksi pienin 15.5 (koepuut vastaavasti XXVII, 2, kanervatyypin moreenimaa; XXII, 1, mustikkatyypin hiekkamaa).

Seuraava yhdistelmä osoittaa, millä tavoin puun koko vaikuttaa juuriston ja rungon kuution suhteeseen.

Koepuiden diam. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	< 5	5—10	10—15	15—20	20+
Juuriston kuutio % rungon kuutiosta keskim. *The volume of root system in % of the volume of the stem on an average*	61.6	34.5	29.6	30.4	22.1
Koepuita diam.-luokissa *Sample trees in diameter classes*	9	16	5	7	6

Yhdistelmän pohjana ovat kaikki koepuut, joiden juuristo on kuutioitu. Jos otetaan huomioon vain kanervatyyppi, jolta on runsaimmin koepuita, saa yhdistelmä seuraavan muodon.

Koepuiden diam. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	< 5	5—10	10—15	15—20	20+
Juuriston kuutio % rungon kuutiosta keskim. *The volume of root system in % of the volume of the stem on an average*	62.2	42.0	35.0	36.1	24.5
Koepuita diam.-luokissa *Sample trees in diameter classes*	6	7	2	2	2

Huomataan jotenkin selvä laskusuunta suurempia läpimittaluokkia kohti. Sama suunta on havaittavissa myös mustikka- ja sitä parempien metsätyyppien koepuita tarkasteltaessa, jossain määrin myös puolukkatyypillä. Toisin sanoen, suurilla puilla on suhteellisesti vähemmän juuria kuutioon katsoen kuin pienillä.

Maalajin vaikutusta juuriston kuution suhteelliseen runsauteen on vaikea todeta koepuiden vähyyden takia, jonka lisäksi metsikön tiheyden vaikutus tekee häiriötä. Missään tapauksessa ei esim. hiekkamaan ja moreenin välinen ero ole niin huomattava kuin kyseen ollessa juuriston kokonaispituudesta tai laajuudesta. Turvemaan prosenttiluvut näyttävät olevan tavallista suurempia, samoin savimaan.

Metsikön tiheyden vaikutus juuriston kuution suhteelliseen määrään on ilmeinen. Niinpä sellaisilla yksinään kasvaneilla puilla, kuin II, 1, XIII, 1 ja 2, XXVII, 1 ja 2, XXXI, 1, on juuriston kuutio runkoon verrattuna huomattavan suuri, kun taas tiheiköissä kehittyneet puut, kuten IV, 1, 2 ja 3, V, 1, XXVII, 5 ja 6, XXX, 1, XXXII, 1 ja 2, osoittavat erikoisen pieniä prosenttimääriä. Tietenkin on tällöin puun koko otettava huomioon.

Mitä tulee juuriston suhteelliseen kuutiomäärään eri metsätyypeillä, on ensinnä todettava että se kanervatyypillä on melkoista suurempi

k u i n m u i l l a. Tämän osoittaa jo viimeksi esitettyjen yhdistelmien vertailu keskenään. Vielä selvemmäksi käy asia, jos keskimääriä laskettaessa jätetään turvemaan koepuut pois luvusta. Tällöin saadaan seuraavat keskiarvot.

Koepuiden diam. 1.3 m kork., cm *Diam. of sample trees at 1.3 m height, cm*	< 5	5—10	10—15	15—20	20+
Juuriston kuutio % rungon kuutiosta keskim. *The volume of root system in % of the volume of the stem on an average*	57.4	33.6	27.3	30.4	22.1
Koepuita diam.-luokissa *Sample trees in diameter classes*	8	14	4	7	6

Muiden metsätyyppien keskinäisestä suhteesta ei aineiston nojalla voida tehdä päätelmiä. Mustikka- ja sitä parempien tyyppien koepuita nim. on vähän ja varsin erilaisilta kasvupaikoilta m.m. savi- ja turvemailta. Puolukkatyypin koepuut taas ovat enimmäkseen keskittyneet vain kahteen läpimittaluokkaan, jonka lisäksi vertailua vaikeuttaa suurempi tiheys puolukkatyypin koealoilla.

Juuriston kuutio on tiettävästi suurimmalta osaltaan lähellä puun tyveä, kuten m.m. seuraavat koepuuta XIX, 1 koskevat tiedot osoittavat. Enintään puolen metrin etäisyydellä puun tyvestä sijaitsi pintajuuriston kuutiosta 37 %; etäisyyden ollessa 1 m oli vastaava prosentti 51 ja etäisyyden kasvaessa 3 m:iin nousi prosentti 72:een. Jos otetaan huomioon, että syväjuuristo kokonaisuudessaan (joitakin hajasyväjuuria lukuun ottamatta) sijaitsi enintään 3 m:n etäisyydellä, tulee koko juuriston kuutiosta 79 % olemaan enintään 3 m:n päässä puun tyvestä. Pintajuurten kuutiosta voi melkoista suurempikin osuus sijaita puun välittömässä läheisyydessä. Niinpä koepuun XV, 1 mainitusta kuutiosta oli 75 % enintään 1 m:n etäisyydellä puun tyvestä. Puu oli kyllä jonkin verran pienempikin (rinnankorkeusläpimitta oli 22.2 cm, edellisen 28.8 cm), mikä osaltaan vaikuttaa erotukseen. Mitä pienempi nim. puu on, sitä suurempi osa juurten kuutiosta on tietenkin lähellä puun tyveä.

PIKKU TAIMET.

Männyn pikku taimien juuristosta on yleisesti tietoja oppi- ja käsikirjoissa, ja useat tutkijat mainitsevat juurten mittoja sekä tietoja juurten lukumäärästä. Viimeksi on Liese (1926) esittänyt erittäin tarkkoja mittaustuloksia pienten männyn tainten kehityksestä, sekä maanpäällisen osan että juuriston.

Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä ei ole männyn pikku taimille omistettu vallan suurta huomiota osaksi siitä syystä, että niiden juuristo yleensä on parhaiten tunnettu, osaksi taas sen takia, että pikku taimien juuristojen selvittely vaatii aivan toisenlaisia menetelmiä kuin isompiin puihin sovellettavissa olevat. Näin ollen olisi vaikuttanut hajoittavasti työn kulkuun ja myös osaltaan pienentänyt isoja puita koskevaa, pakosta sittenkin verraten pieneksi jäävää aineistoa, jos pikku taimien juuristo olisi otettu tarkoin tutkittavaksi. Ei voida siis esittää lukuja esim. pääjuuren kehityksestä ensimmäisinä kasvukausina.

Kuitenkin on juurineen kaivettu joukko, kaikkiaan 154 kpl., pikku taimia, jotka on kuivattu herbaariokasvien tapaan asettamalla juuret, mikäli mahdollista, luonnolliseen asentoonsa. Taimia on kerätty koealoilta X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XXI, XXIII, XXVI, XXVII ja XXX sekä näiden läheisyydestä. Kuivattuina valokuvattiin taimet. Mitään mittauksia niiden suhteen ei toimitettu. Otetuista valokuvista esitetään tässä 11 (kuvat 64—74). Huomiota on omiaan herättämään koealan XIV (CT, hiekkamaa, kuvat 67 ja 68) taimien juuriston laajuus ja runsaus. Samoin ovat Hämeenkankaan taimet (koealan XXVI tienoot, CT, hiekkamaa, kuvat 72 ja 73) runsasjuurisia. Sen sijaan ovat koealalta XV (MT, hiekkamaa, kuva 69) kaivetut taimet juuristoltaan vähäpätöisiä. On kuitenkin huomattava, että ne kasvoivat ison metsän varjostamina. Moreenimaiden juuristot ovat eri tyypeillä jotenkin samanlaisia, verraten suppeita, kuten koealojen XI, XII, XIII, XXIII taimet osoittavat (kuvat 64, 65, 66 ja 71). Verraten vähäkivisen, laihan moreenikoealan XXVII taimet olivat kuitenkin melkoisen pitkäjuurisia (vrt. kuvaa 74). Lihavalla turvemaalla (koeala XXI, kuva 70) näyttää taimillakin olevan run-

sas juuristo. — On otettava huomioon, että kaivuu moreenimailla on vaikeaa ja hennot juuret katkeilevat helpommin kuin hiekkamailla. Yhtä kaikki osoittavat kerätyt taimet, että jo varsin nuorella iälläkin juuristo muodostuu erilaiseksi vaihtelevien olosuhteiden mukaan.

Eräät varsinaiseen aineistoon kuuluvat, rinnankorkeutta matalammat männyn taimet on, mikäli täyttävät kulloinkin kyseessä olevia vaatimuksia, otettu aikaisemmassa käsittelyssä huomioon. Sellaisia, joita on perusteellisemmin tutkittu, on vain viisi, nim. koepuut II, 10 ja 11, XIII, 5 ja 6 sekä XXIII, 3. Näiden vertailu keskenään osoittaa samoja piirteitä, joita edellä on todettu isompien puiden suhteen. Niinpä laajin juuristo on kanervatyypin hiekkamaalla (II, 10 ja 11), seuraa kanervatyypin moreenimaa (XIII, 5 ja 6) ja sitten puolukkatyypin moreenimaa.

JUURTEN VÄLISET YHTEENKASVETTUMAT.

Yhteenkasvettumia tavataan sekä puun omien juurten keskisiä että omien ja vieraan puun juurten välisiä. Tarkastetaan aluksi ensin mainittuja.

Varsinkin männyn keskusjuuristoa selvitellessä kiintyy ehdottomasti huomio lukuisiin yhteenkasvettumiin. Pintajuuret keskenään samoin kuin pinta- ja syväjuuret keskenään kasvettuvat yhteen muodostaen tällä tavoin useinkin hyvin lujan ja taidokkaan rakennelman. Toisinaan kasvavat myös syväjuuret keskenään yhteen. Eräät detaljipiirrokset juurakoista ovat omiaan asiaa valaisemaan. Kuvat 5 ja 6 esittävät molemmat osia koepuun III, 1 juuristosta, kuva 18 näyttää yksityiskohdan koepuun XX, 1 juurakosta, samoin kuin kuva 20 koepuun XX, 4 juurakosta. (Viimeksi mainittu koepuu oli koivu; tapaus oli jotenkin samanlainen kuin edellisen mäntykoepuun.) Koepuun XIII, 1 selostuksessa on edelleen kerrottu syväjuuria yhteen liittävästä vaakasuorasta juuresta. Usein tapaa juuria, jotka vain yhdistävät kaksi muuta juurta, eivätkä jatku sen pitemmälle. Tällaisten »siltajuurten» päätehtävänä näyttää olevan juuriston lujittaminen. Paitsi koepuuta III, 1 mainittakoon esimerkkinä koepuu XXII, 1 (kuva 21) ja koepuu VI, 1. — Puheena olevia

keskusjuuriston yhteenkasvettumia on tavattu vain varttuneilla puilla. Sellaisten juuristolta kysytäänkin lujuutta enemmän kuin pikku puiden.

S a m a n p u u n j u u r t e n v ä l i s i ä y h t e e n l i i t t y m i ä t a v a t a a n e t u p ä ä s s ä l ä h e l l ä p u u n t y v e ä. Kauempana kuin 1 m:n etäisyydellä puusta ovat ne harvinaisia, ja 1.5 m:ä pitemmällä ei niitä ole tavattu ainoatakaan.

On vanhastaan tunnettua, että eri puuyksilöidenkin väliset juuret voivat kasvaa kiinni toisiinsa. FRANKEn mukaan on REUM v. 1835 todennut, että puiden juuret metsässä muodostavat keskenään yhteenkasvettuen labyrinttimaisen yhtenäisen kudoksen. Joitakin vuosia myöhemmin tutki GÖPPERT (1842, 1846) juurten välisiä yhteenkasvettumia kuusi- ja jalokuusimetsissä todeten eri puuyksilöjen väliset yhteenliittymät yleisiksi, vieläpä havaiten kuusen ja jalokuusenkin välisiä yhteenkasvettumia. Jalokuusen kantojen usein tavattavan kylestymisen selitti GÖPPERT johtuvan kannon ja jonkin elävän puun juurten välisestä elimellisestä yhteydestä. — PFEIL (1860) kertoo tiheissä kuusikoissa tavattavista eri yksilöjen juurten yhtymistä ja selittää kuusen ja jalokuusen kantojen kylestymisen samoin kuin GÖPPERT. — BLOMQVIST (1883) mainitsee PFEILin tietojen lisäksi, ettei kantojen kylestymistä ole huomattu Pohjois-Amerikassa eikä -Euroopassa. — FRANKE (1881) on tutkinut pyökin juurten välisiä yhtymiä ja pannut m.m. merkille, ettei nuorten juurten välisiä yhteenliittymiä ollut löydettävissä. — LIESE (1926) huomauttaa, että männyn juurten aikaisin alkava kaarnan muodostus on syynä siihen, etteivät ne keskenään kasvetu yhteen. Vain lähellä kantoa tapahtuu sellaista juurten paskuuskasvun täällä aiheuttaman ankaran puristuksen vuoksi. Douglaskuusen ja koivun omien juurten väliset yhtymät ovat LIESEn mukaan yleisiä.

Edellä esitettyjen tietojen johdosta huomautettakoon aluksi, että kylestyneitä lehtikuusen ja kuusen kantoja on Suomessakin tavattu. Palasen tällaista kuusen kantoa näytti m.m. allekirjoittaneelle v. 1924 ylioppilas P. VÄHÄKALLIO. Kylestyneitä männyn kantoja ei ole löydetty, mutta eri mänty-yksilöjen juuret ovat kyllä melkoisen usein yhtyneet toisiinsa, kuten seuraavasta esityksestä selviää.

Tutkituista 31 koealasta (koealat XXIV ja XXXIII eivät tässä tule kysymykseen) tavattiin 8:lla eri mänty-yksilöjen välisiä yhteenkasvettumia; yhdessä tapauksessa oli 4 puuta keskenään yhteydessä (koeala III), 2 tapauksessa 3 puuta (koealat XV ja XIX) ja 7 tapauksessa 2 puuta (koealat VII; X, 2 tapausta; XI ja XI a, 2 tap.; XX; XXV). Mainittakoon tässä yhteydessä myös, että eri kuusiyksilöjen juurten välisiä yhtymiä tavattiin yhdellä koealalla (XXIII), jonka lisäksi todettiin vielä yksi tapaus (ks. siv. 197). On merkittävä, että kuusen juuristoja tutkittiin 8 varsinaisella koealalla.

On hyvin selitettävissä, että aivan lähekkäisten yksilöjen juuret kasvavat toisiinsa kiinni, sillä tyvien lähellä voivat ne joutua ankaraan puristukseen toisiaan vastaan. Ettei tällöinkään aina yhteenkasvettumista tapahdu, osoittaa toinen pari lähekkäisiä puita koealalta XI a (ks. siv. 123). Mutta aina ei ole yhteenliittymän kohdalla minkäänlaista erikoista puristusta todettavissa esim. silloin kuin ohut juuri päältä kulkien yhtyy isompaan, tai milloin ohut juuri sivulta käsin ikäänkuin puskee kohti ison juuren kylkeä yhtyen siihen ja päättyen. Esimerkkinä mainittakoon eräät yhteenkasvettumat koealoilta III ja XV (koealalla XV toiseksi mainittu; koealalla III kasvettumat 4, 6, 7 ja 8, joiden suhteen verrattakoon karttaa n:o 3). Sopiva esimerkki on edelleen koepuun XIX, 1 selostuksessa ensimmäisenä mainittu (juuren n:o 4 ja vieraan puun välinen) yhteenkasvettuma.

On toisaalta sellaisia tapauksia, jolloin juurten yhtyminen on tapahtunut kovan paineen alaisena. Esimerkiksi otettakoon vain koepuun III, 1 selostuksessa mainittu kasvettuma 3. Siinä yhtyy kaksi toisiaan vastaan jotenkin kohtisuoraan kasvanutta ohutta juurta, toinen koepuun III, 1, toinen koepuun III, 3. Yhtyminen tapahtuu kolmannen puun tyven alla (vrt. karttaa n:o 3).

Merkille pantavaa on, että useimmissa tapauksissa on ohut juuri yhtynyt paksuun. On vaikea käsittää, miten pieni juuri on kyennyt puhkaisemaan ison juuren melkoisen vahvan kaarnakerroksen. Kuva 15 esittää erään kaksoisyhteenliittymän (koepuu XIX, 1), jossa ohut juuri yhtyy paksun juuren tyveen ja kaksi jotenkin saman vahvuista kasvaa ristik-

käin yhteen, kumpikin jatkuen. Jälkimmäinen tapaus on harvinainen; toinen samanlainen on edellisessä kappaleessa viimeksi mainittu. Siihen osallistuneet juuret olivat ohuimmat (4 ja 7 mm), mitä on eri mänty-yksilöjen välisissä yhteenliittymissä todettu. Saman vahvuisten juurten yhtymiä on myös tavattu koealalla X (vrt. karttaa n:o 6).

Yleensä olivat todetut yhteenkasvettumat, olivatpa ne sitten saman puun tai eri puiden juurien välisiä, jotenkin lähellä jonkin, tavalla tai toisella yhtymiseen vaikuttaneen puun tyveä. Kauimpana, lähes metrin etäisyydellä oli eräs koealan X kahden ensimmäisen koepuun välisistä yhtymistä (kartta n:o 6). Nähtävästi ovat olosuhteet tyvien lähellä yhtymiseen otollisimmat.

Samoin kuin hyvin eri kokoiset juuret voivat liittyä yhteen, samoin myös hyvin eri suuruisista puista lähtevät. Tästä ovat esimerkkinä koealan VII koepuiden 1 ja 2 välinen yhtymä (rinnankorkeusläpimitta vastaavasti 36.8 cm ja n. 5 cm), samoin koepuun XX, 2 erään pintajuuren ja sen tielle sattuneen pikku taimen paalujuuren yhtyminen (puiden tyviläpimitat 10.8 ja n. 1 cm).

Yhteenkasvettumia (eri yksilöjen välisiä) on tavattu hiekkamaalla, kivisellä sekä melkein kivettömällä moreenimaalla.

Eri yksilöjen juurten välisestä elimellisestä yhteydestä on kolmekin todistusta, nim. yhtymät: III, 1 — III, 3, VII, 1 —VII, 2 ja XX, 2 – nimittämätön pikku taimi. Kaikissa kolmessa tapauksessa oli jälkimmäisenä mainittu puu kuollut, mutta osa sen juuristoa yhä yhtymän turvin elossa. Ainakin kahden ensin mainitun yhtymän toinen jäsen oli monia vuosia ollut kuolleena. Eräät juuret jäävätkin varmasti eloon siirtyen vain hengissä olevan jäsenen »palvelukseen». Kartta n:o 3, joka esittää m.m. koepuun III, 1 ja III, 3 juurten välisiä yhteenkasvettumia, on tässä suhteessa valaiseva. On mahdollista, että kasvettuman n:o 3 ja kuolleen puun välinen juuri ajan oloon kuolee, kuten puita yhdistävä juuri (kasvettuma n:o 5) jo osittain on tehnyt, mutta solmukohdasta eteenpäin on juuri täysin elinvoimainen ja joka suhteessa verrattavissa muihin koepuun III, 1 juuriin. — Edellisen nojalla on ilmeistä, että *metsiköstä poistuneet tai poistetut puut voivat juurtensa väli-*

tyksellä jossain määrin hyödyttää jäljelle jääviä. Siihen nähden, että eri yksilöjen juurten välinen yhtyminen näyttää olevan verraten yleistä, ei yllä viitatun seikan merkitys liene aivan vähäinen.

AIKAISEMPIEN PUUSUKUPOLVIEN JUURISTOJEN MERKITYS NYKYISEN METSÄN KANNALTA.

Paitsi edellisessä luvussa selvitetyllä tavalla voi mennyt puusukupolvi muullakin tavoin hyödyttää nykyistä juuristonsa välityksellä. On nim. huomattu, että puiden juuret mielellään kasvavat pitkin lahoavien tai lahonneiden juurten jättämiä uomia. Tämä seikka kävi ilmi jo aineiston ensimmäistä koepuuta tutkittaessa. Ja mikäli työtä jatkettiin, tuotti melkeinpä jokainen kaivettu puu uusia todisteita. Ilmiö oli siksi yleinen, ettei siitä joka tapauksessa tehty edes muistiinpanoa. Ainoastaan kaikkein selvimmät ja erikoisimmat merkittiin muistiin. Kauneimmat esimerkit (koepuut I, 1, II, 7 ja 8, III, 1) ovat hiekkamailta, mihin on syynä se seikka, että täällä voitiin juuria hellävaraisimmin seurata. Kuitenkin löydettiin moreenimaaltakin (esim. koealoilta XI, XII ja XXVII) selviä lahojen juurten jättämiä »putkia», joita kasvavat juuret noudattivat. Pisin tavattu »putki» (koeala II) oli n. metrin mittainen. Aina ei ollut näkyvissä juuren muotoa lainkaan; sieltä täältä löytyi vain lahoa puuta ilmaisten vanhan juuren uomaa.

Useimmin tavattiin entisiä syväjuurten kulkuteitä seuraavia juuria, mutta toisinaan myös vaakasuorien.

Edellä on jo ollut puheena se merkitys, mikä vanhoilla puiden kasvusijoilla on hajasyväjuurten esiintymiseen nähden. Tietenkin käyttävät muutkin syväjuuret hyväkseen entisiä juurten uomia, milloin tilaisuutta on; ne vain eivät voi siinä määrin »valita» paikkaansa kuin hajasyväjuuret. Puheena olevat vertikaaliset uomat näyttävät olevan tärkeitä etenkin juurten johtamisessa pohjaveteen käsiksi. Mutta lahoava juuri tarjoaa myös enemmän kosteutta ja usein ravintoaineitakin kuin ympäröivä maa. — Jos muistetaan, miten tiheän verkon jo yhden puun juuristo muodos-

taa, käy selväksi, kuinka paljon kulkuteitä se aikanaan jättää seuraavaa sukupolvea varten ja miten suuri merkitys noilla teillä näin ollen on, vaikkapa uudet juuret löytäisivätkin vain pienen osan niistä.

On yleisesti tunnettua, miten vaikeata on metsittää kauan aukeina olleita maita, varsinkin laihoja hiekkakankaita. Edellisen nojalla käy ilmeiseksi ainakin yksi syy tähän vaikeuteen. Maan rakenteessa on vuosien kuluessa tapahtunut epäedullisia muutoksia. Juurten jättämät tuhannet maanalaiset käytävät ovat tukkeentuneet. Uuden sukupolven juuret eivät enää löydä mitään tukea toiminnalleen, ja pohjaveden saavuttaminen on sangen vaikeaa. — Tietysti muuttuu paremmankin maan rakenne samaan suuntaan sen ollessa kauan metsättömänä. Mutta lihavammassa maassa on taimella yhtä kaikki aina paremmat toimeentulon mahdollisuudet. Kuitenkin huomattakoon, etteivät entiset pellotkaan ole mitään helppoja metsitettäviä.

Tässä yhteydessä viitattakoon vielä siihen merkitykseen, mikä kaatuneiden ja maahan lahonneiden puiden rungoilla on uuden sukupolven kannalta. Kartta n:o 7 osoittaa, miten runsaasti koivun juuria on suuntautunut pitkin sammaltunutta runkoa. Koealalla XIII on pantu merkille, että eräs männyn juuri useita metrejä seurasi lahoa maapuuta.

Vanhojen juurten muodostamat kanavat ja uusien juurten kasvaminen niitä pitkin on pantu merkille muuallakin. Venäjällä ovat siihen kiinnittäneet huomiota VYISOTSKI (1899), SAVITŠ (1904) ja varsinkin TOLSKI (1905). Saksassa on Lüneburgin nummea metsitettäessä huomattu, että männikön menestyminen siellä on taattu vasta sen jälkeen kuin jokin runsas- ja syväjuurinen puulaji on muokannut maan sopivaan tilaan. Jotenkin samaan tulokseen ovat johtuneet ALBERT (1907,* 1913), ZIMMERMANN (1908) ja SPLETTSTÖSSER (1908). Myöhemmin on ALBERT (1923) jälleen palannut asiaan vastustaen kantojen raivaamista uuden puusukupolven edun nimessä. BURGER (1922) on tutkiessaan maaperän rakennetta Sveitsissä tullut siihen tulokseen, että puiden juurilla on tärkeä osa metsälle suotuisan maaperän arkkitehtuurin luomisessa. Varsinkin kantojen raivaaminen, mutta myös maan väliaikainen maataloudellinen käyttö, jopa

paljaaksihakkaus on BURGERin mukaan vahingoksi maan otollisen rakenteen kannalta. — Pohjoismaissa ei puheena olevaan asiaan ole toistaiseksi huomiota kiinnitetty. Ja mahdollista on, ettei sen merkitys meillä ole aivan yhtä suuri kuin esim. Saksassa, koskapa mänty täällä tulee toimeen kaikesta päättäen vähäisemmällä vertikaalisella juuristolla kuin mainitussa maassa. Epäämätöntä kuitenkin on, että entisten puusukupolvien lahoava juuristo on kasvavan metsän kannalta monella tavoin merkityksellinen meidänkin oloissamme.

NUORENNOKSEN RYHMITTYMINEN VANHOJEN PUIDEN LATVUSTEN ALLE.

Otsikossa mainittua ilmiötä ovat käsitelleet m.m. HESSELMAN (1910) ja AALTONEN (1919), jonka mukaan puheena olevaa emäpuun ja nuorennoksen muodostamaa ryhmää Lapissa sanotaan tarhaksi. Tällaiset tarhamuodostumat ovat myös Rautavaaran ja Pielisjärven laihoilla mäntykankailla varsin yleisiä. Kun käsillä olevaa tutkimusta varten valittiin sopivaa aineistoa, kiintyi huomio tarhoihin. Päätettiin ottaa selviteltäväksi jonkin tällaisen muodostuman juuristo, jotta muun ohella ehkä saataisiin esille joitakin ilmiöitä valaisevia seikkoja. Tutkittavaksi koetettiin valita mahdollisimman kaunis ja runsaspuinen tarha. Koepuu XIV, 1 täyttääkin tässä suhteessa melkoiset vaatimukset. Viitattakoon vain koepuun selostukseen sekä karttaan n:o 11, josta saa jonkinmoisen käsityksen ryhmän tiheydestä ja puiden koostakin.

Nuorennokseen kuuluvien puiden juuristot eivät olleet millään tavoin erikoisia, eikä niitä tarkalleen selvitettykään. Emäpuun juuristo sen sijaan oli eräissä suhteissa mielenkiintoinen. Jos tarkastetaan kaivetun juuriston osan karttaa (kartta n:o 10), pistää heti silmään kuolleiden juurten runsaus. Karttaankin on niitä saatu niin runsaasti, että niiden yhteinen pituus on n. 14 % koko kaivetun osan pituudesta; melkoinen määrä on tietysti kaivettaessa katkennut. Tämän lisäksi on elossa olevakin juuriston osa useasta kohti palon vioittamaa. Voidaan siis päättää, että emäpuun juuriston toiminta on erinomaisen heikkoa ja ettei se siis kil-

pailussa aiheuta nuorten puiden juuristoille suurtakaan haittaa. Suurta vastusta ei nuorilla puilla ole myöskään emäpuun latvuksesta, joka kyllä on leveä ja paikoin tiheäkin. Kun nim. puu on aivan yksinäinen, tulee sivuilta päin kylliksi valoa. Nähdään siis, ettei emäpuusta ole nuorennokselle vahinkoa. Koska taimet selvästi ovat keräytyneet emäpuun ympärille, täytynee siitä sen sijaan olla niille päinvastoin hyötyä. Osaksi selviää asia tarkasteltaessa koealan kasvipeiteselostusta. Latvuksen alla tavataan nim. melko runsaasti puolukkaa, jota muualla on tuskin ollenkaan. Humuskerros on niin ikään latvuksen alla jonkin verran paksumpaa kuin muualla. Mainitut seikat viittaavat siihen, että maa emäpuun alla tarjoaa paremmat kasvuedellytykset kuin ympäristö. HESSELMANin mukaan ovat laajaoksaisten emäpuiden alla ja maapuiden suojassa kasvavat taimet typen saantiin nähden edullisemmassa asemassa kuin aukealla kasvavat. Mutta myös emäpuun juuristo on välillisesti hyödyksi nuorille puille. Sen lahoavat osat tuovat humusainetta maaperään ja tarjoavat nuorennoksen juurille suhteellisen ravintorikkaita ja hyvin kosteutta säilyttäviä kulkuteitä ja ohjaavat niitä köyhien maakerrosten läpi pohjaveteen. Näitä kaikkia etuja ei ole puusta kauempana olevilla alueilla, ja taimisto täällä onkin hyvin pientä ja kituvaa. — Nähdään siis, että emäpuun tarjoamat edut eivät edellytä sen olemista elossa, pikemmin päinvastoin. Niinpä tavataankin kauniita tarhoja myös kaatuneitten ja maatuneitten »emäpuiden» ympärillä. Sellainen oli myös koepuun XIV, 1 lähistöllä. Nuoret männyt maatuneen rungon molemmin puolin ja erittäinkin lähellä sen juurakkoa olivat miltei kauniimpia ja parempikasvuisia kuin kasvavan emäpuun suojatit. — Tyypillistä tarhapuuta haettaessa pantiin merkille, että kauneimmat tarhat tavattiin sellaisten emäpuiden ympärillä, jotka itse olivat hyvin kituvan näköisiä. Tämä onkin edellisen nojalla selvää, sillä niiden puoleltahan on juuriston aiheuttama kilpailu vaarattomin.

Edellä sanotusta seuraa, ettei tarhailmiö rajoitu yksinomaan Lappiin ja pohjoisiin seutuihin, vaikka se siellä on parhaiten huomattavissa ja sen nimikin on sieltä peräisin. Niinpä HESSELMAN mainitsee tavanneensa puheena olevaa nuorentumistapaa aina Vermlantiin saakka. Että ilmiö on yleisempi pohjoisilla seuduilla, on selitettävissä siten, että siellä laajat,

kulojen polttamat mäntykankaat ovat yleisempiä. Hesselman mainitsee syyksi pohjoisten seutujen runsaamman sivuvalaistuksen, joka helpottaa taimien viihtymistä emäpuun alla.

Muiden pääpuulajiemme juuristot ja männyn juuriston suhtautuminen niihin.

KUUSEN JUURISTO.

Tämän tutkimuksen yhteydessä on jossain määrin selvitetty myös kuusen juuristoa. Tarkoituksena on etenkin ollut tutkia alikasvukuusen juuriston suhdetta valtamännikön juuristoon. Niinpä kuuluvatkin kuusikoepuut yleensä alikasvokseen; vain pari on kasvanut siksi vapaassa asennossa, että ne ovat rinnastettavissa valta-asemassa kasvaneisiin. — Seuraavassa luodaan lyhyt katsaus saavutettuihin tuloksiin. Eräissä suhteissa on kuusen juuristoa käsitelty jo edellä, nim. mikäli ei ole ollut syytä otaksua sen poikkeavan männyn juuriston tutkituista ominaisuuksista.

Varsin yleinen käsitys, joka ilmenee oppi- ja käsikirjoissa, on kuusen juuriston suppeus mäntyyn verrattuna. Niinpä Pfeil, Blomqvist ja Cajander mainitsevat kuusen juuriston tiheissä metsissä rajoittuvan puun latvusprojektion alalle. Nobben ja Ter-Sarkisovin astiakokeiden mukaan on myös kuusen juuristo paljon jäljessä männystä sekä juurten lukuun että niiden yhteispituuteen nähden. M. Savitšin astiakoesarjat sen sijaan osoittivat varsin lähellä toisiaan olevia lukuja. — Onhan mahdollista, että pienet kuusen taimet juuriston yhteispituuteen nähden jäävät männystä jälkeen, nehän ovat aluksi hidaskasvuisia. Mutta varttuneempiin yksilöihin nähden ei olettamus juuriston suppeudesta pidä paikkaansa. T u t k i t u t k o e p u u t o s o i t t i v a t m i l t e i p o i k k e u k s e t t o m a s t i, e t t ä k u u s e n j u u r i s t o j u u r t e n y h t e i s p i t u u t e e n j a l a a j u u t e e n n ä h d e n o n m ä n n y s t ä e d e l l ä. Eikä myös yhdenkään tutkitun puun juuristo rajoittunut latvusprojektion alaan. Mikäli oli kyseessä edes miehen korkuinen yksilö, ulottuivat juuret kauas latvuksen rajojen ulkopuolelle, ja kuitenkin ovat

kyseessä alikasvoksen yksilöt, joiden kehittymismahdollisuudet ovat pienemmät kuin valtametsän.

Tarkastamalla juurikarttoja n:ot 7, 16, 18 ja 21 (koealat XI, XIX, XX ja XXII) tulee vakuutetuksi siitä, että kuusen juuristo on suhteellisesti laajempi kuin männyn. Samaa osoittavat eräin poikkeuksin luvutkin. Jos lasketaan samoilla koealoilla tutkittujen mäntyjen ja kuusten juuristojen suhteellisten laajuuksien ja suhteellisten yhteispituuksien keskiarvot, saadaan seuraavat luvut.

	Yli 1.3 m kork. koepuiden luku	Pintajuuriston suhteellinen laajuus keskim., m²	Pintajuuriston suhteellinen yhteispituus keskim., m
Kuuset	11	77 (77)	142 (139)
Männyt	8	45 (43)	95 (98)

Jos samalla koealalla on esiintynyt esim. 3 kuusta ja 1 mänty, on männyn laajuus tai yhteispituus otettu keskiarvoon kolmesti j.n.e. Koealalta IX taas oli tiedossa vain kuusta koskevia, tässä käyttökelpoisia lukuja. Vastaaviksi männyn juuriston luvuiksi otettiin tällöin lähinnä samanlaisen koealan XIX mäntyä koskevat tiedot. Näin on tehty siitä syystä, ettei toisen puulajin runsaampi esiintyminen jollakin koealalla pääsisi vaikuttamaan keskiarvoon. Suuria muutoksia eivät mainitut korjaukset aiheuta. Sulkuihin on merkitty tavalliseen tapaan lasketut keskiarvot. — Ainoat yleisestä suunnasta poikkeavat koepuut olivat VI, 6 ja VI, 7, joitten juuristo on vain pääpiirtein kaivettu. Niiden suhteellista pituussummaa laskettaessa ovat kartan osoittamat mitat otetut kaksinkertaisina. Laajuudet otettiin sellaisinaan.

Rinnankorkeutta matalampia kuusia on pintajuuristoineen kaivettu esille vain kolme. Näistä yhden (VIII, 1) juuristo on hyvinkin laaja, yhden (XI, 5) on erittäin suppea ja kolmannen (XXIII, 2), joskaan ei yhtä pieni, niin kuitenkin koealan mäntyä suhteellisesti suppeampi.

Metsätyyppeihin näyttävät kuusen juuristot laajuutensa ja yhteispituutensa puolesta suhtautuvan samoin kuin männynkin juuristot, kuten jo aikaisemmin on päätelty. Verrattakoon taulukkoja siv. 251, 252 ja 256.

Maalajeihin nähden ei ole voitu tehdä samaa päätelmää kuin edellä. Mainittakoon esim., että runsaskiviseltä moreenimaalta on tavattu suhteellisesti laajimmat kuusen juuristot, savimaalla taas todettiin pari suppeaa juuristoa. — Ei ole oudoksuttavaa, jos kuusen juuristo olisikin maalajista riippumattomampi kuin männyn. Ainakin puheen ollessa niin pienistä puista kuin tutkitut kulkee nim. vaakasuora juuristo useinkin aivan lähellä pintaa humuksen ja mineraalimaan välillä tai itse humuskerroksessakin.

Kuusen pintajuuriston syvyys oli kaikilla tutkituilla koealoilla sangen huomattavasti pienempi kuin männyn, kuten seuraava yhdistelmä osoittaa.

Koeala — *Sample plot*		VI	VIII	IX	XI	XVIII	XIX	XX	XXII	XXIII
Pintajuuriston keskisyvyys keskim., cm *Mean average depth of horiz. root system, cm*	Kuusi *Spruce*	3.0	6.4	8.7	3.8	4.0	5.8	4.3	2.2	3.1
	Mänty *Pine*	11.1	19.1	22.1	9.4	10.7	13.5	10.3	7.8	13.4
Koepuiden luku *Number of sample trees*	Kuusi *Spruce*	2	1	2	2	1	1	1	1	1
	Mänty *Pine*	2	2	1	2	2	1	2	1	1

Näistä luvuista ei kuitenkaan sellaisinaan voi päättää muuta kuin, että alikasvukuusten pintajuuristo on paljon matalammassa kuin valtametsän mäntyjen. On otettava huomioon, että pintajuuriston keskisyvyys jonkin verran nousee puun varttuessa. Tämä havainto tehtiin aikaisemmin männyn suhteen, ja on syytä olettaa sen pitävän paikkansa kuuseenkin nähden. Itse asiassa voidaan sama suunta havaita tarkastamalla harvoja kuusikoepuitakin. Järjestämällä äskeiseen taulukkoon osalliset kuuset läpimitan mukaan suurimmasta pienimpään saadaan niiden keskisyvyyksistä seuraava sarja: 5.8, 12.4, 4.5, 6.4, 4.0, 4.3, 3.0, 2.2, 3.0, 3.0, 5.0, 3.1 cm.

Joka tapauksessa ovat tutkittujen kuusten keskisyvyydet niin alhaisia, että jotenkin varmasti voidaan päättää kuusen juuriston yleensäkin olevan matalammassa kuin männyn. Jos verrataan kuusten keskisyvyyksiä saman kokoisten ja

suunnilleen samanlaisissa oloissa kasvaneiden mäntyjen vastaaviin lukuihin, johdutaan samaan päätelmään.

Vaakasuoran juuriston syvyyteen nähden näyttää siis vallitseva käsitys kuusen juuriston pinnallisuudesta pitävän paikkansa.

Kuusen syväjuuristo on yleensä kiinnittänyt hyvin vähän huomiota puoleensa. PFEIL (1860) mainitsee siitä: »Eine eigentliche Pfahl- oder Herzwurzel bildet die Fichte auch in der ersten Jugend nicht — - —». Ja samaan tapaan esitetään asia muissakin oppikirjoissa. AALTONEN (1920) on Lapin hiekkakankailla todennut kuusen syväjuurten ulottuvan aina 1 m:n syvyyteen. Puut olivat vanhoja, kookkaita yksilöjä, juuret ohuita lähisyväjuuria. — VOLGER (1926) on todennut, että kuusi määrätyissä oloissa voi kehittyä syväjuuriseksi ja ulottaa juurensa jopa yli 2 m:n syvyyteen.

Käsillä olevaan aineistoon kuuluvista 25 kuusesta oli 4:llä selvä paalujuuri (ks. kuvaa 16, koepuu XIX, 2), 4:llä oli ohut, vaikka verraten syvälle ulottuva paalujuuren jäte ja 1:llä tynkämäinen paalujuuren jäännös, 4:llä on huomattavia syväjuuria, vaikka paalujuuri puuttuu, ja lopuksi on 12 sellaista yksilöä, jotka ovat ilman merkittävää syväjuuristoa. - Suurin syvyys, johon kuusen syväjuurta seurattiin, oli 65 cm (pieni, tuskin miehen korkuinen yksilö, koealalla XII). Seuraava mainittava syvyys oli 55 cm. Tässä tapauksessa juuri olisi nähtävästi kasvanut syvemmällekin, ellei kallio olisi tullut tielle (vrt. kuvaa 16, koepuu XIX, 2; puun ikä 46 v.). Myös lisäaineistoon kuuluvilla kuusilla (mainittu siv. 197) oli verraten huomattava keskussyväjuuristo.

Edellisen nojalla on todettava, että k u u s e l l a s a a t t a a a i n a k i n n u o r e n a o l l a h y v i n k i n s e l v ä p a a l u j u u r i. M y ö s m u u n l a i s t a s y v ä j u u r i s t o a t a v a t a a n. S y v y y s u l o t t u v a i s u u d e t e i v ä t o l e a i v a n v ä h ä i s i ä.

Kuitenkin voidaan tutkitun aineiston nojalla päätellä, että kuusen pintajuuristolla on syväjuuristoon nähden vielä vallitsevampi asema kuin männyllä. Niinpä syväjuuriston kuutio vain harvoin muodostaa merkittävän osan pintajuurten vastaavasta luvusta. Harvinaisuutena lienee pidettävä sellaista kuusta kuin koepuu XIX, 2, jonka syväjuuriston

kuutio oli yli 35 % pintajuuristosta. — Koko juuriston kuutio sen sijaan verrattuna rungon kuutioon on melkoinen. Prosenteissa lausuttuna oli mainittu suhde tässä kysymykseen tulevilla koealoilla aina kuusella suurempi kuin männyllä. Ja verrattaessa saman kokoisia ja suunnilleen samoissa oloissa kehittyneitä puita keskenään näyttää kuusen juuristo muodostavan useampia prosentteja rungosta kuin männyn. Ainoa tutkituista koepuista, jonka juuriston kuutio oli suurempi kuin rungon, oli eräs pieni, n. metrin korkuinen kuusi koealalla XXIII.

KOIVUN JUURISTO.

Koivun juuristosta sanoo Pfeil (1860): »Unter allen unsern Baumholzarten hat die Birke nicht blos die kleinste Wurzelverbreitung, sondern auch im Verthältnis zur oberirdischen Holzmasse die kleinste Wurzelmenge». Viitattakoon lisäksi Cajanderin kuvaukseen, joka on lainattuna edellä sivuilla 42—43. Lapin kangasmetsien koivun juuristosta on Aaltonen tehnyt eräitä havaintoja. — Yleensä näyttää koivun juuriston selvittäminen jääneen vielä vähemmälle kuin männyn ja kuusen, mikä onkin luonnollista huomioon ottaen tämän puulajin verraten pienen merkityksen Keski-Euroopan maissa.

Tämän tutkimuksen yhteydessä on koivun juuristoa selvitetty vain eräillä koealoilla. Tulokset antavat kuitenkin aihetta eräisiin johtopäätöksiin.

Tarkimmin tutkittu on erään rinnantasalta 11 cm:n vahvuisen koivun juuristo koealalla XX (kartta n:o 18). Juuriston suhteellinen yhteispituus oli suurempi kuin molempien samalta koealalta kaivettujen mäntyjen, vieläpä suurempi kuin saman koealan kuusen. Suhteellinen laajuus ylitti niin ikään huomattavasti molemmat koealan männyt. Juuriston kuutio oli 32.6 % rungon kuutiosta, mikä luku oli melkoista suurempi kuin koealan mäntyjen. — Koealalla XI tutkittu koivu oli juuristonsa laajuudelta ja juurtensa pituuden puolesta aivan harvinainen. Jos juuristo olisi kokonaan paljastettu, olisi se epäilemättä osoittanut suurim-

man suhteellista laajuutta tarkoittavan luvun, mitä esiintyy koko aineistossa. Silmäys karttaan n:o 7 on omiaan valaisemaan asiaa. — Ei myöskään koealan IX koivu ole mitenkään suppea juuristoltaan.

Edellä esitetyt tosiseikat viittaavat siihen, että koivun juuristo on sangen laaja, joka tapauksessa yhtä laaja kuin männyn.

Erikoista huomiota ansaitsevat koivun vaakasuoran juuriston syvyyttä koskevat mittaustulokset, joita verrattuna samojen koealojen mäntyjen ja kuusten vastaaviin tuloksiin valaisee seuraava yhdistelmä.

Koeala — *Sample plot*		IX	XI	XX
Keskisyvyydet, cm *Mean depths, cm*	Koivu *Birch*	15.5	13.7	17.9
	Mänty *Pine*	22.1	9.4	10.3
	Kuusi *Spruce*	8.7	3.8	4.3

Mäntyä ja kuusta koskevat luvut ovat samat kuin taulukossa siv. 295, koivun ovat koepuiden IX, 2, XI, 8 ja XX, 4 keskisyvyydet sellaisinaan. Koivun keskisyvyydet ovat melkoisia ja kahdella koealalla huomattavasti suurempia kuin sekä männyn että kuusen. Verrattaessa koealan IX koivun ja männyn syvyyslukuja on otettava huomioon, että koivu oli pieni, hoikka puu (rinnankorkeusläpimitta 5.9 cm), kun taas mänty oli komea, reheväkasvuinen arvopuu. — Koivun juuriston syvyyttä todistaa myös koealalla XXIII tutkittu tämän puulajin koepuu. Joskaan ei juuria ole pitemmälle seurattu, on juurakon perusteella ilmeistä, että niistä eräät ovat painuneet melko syvään. Samaa todistaa havainto koealalla XXII sekä siv. 197 mainitut lisähavainnot. — Myös AALTOSEN (1920) esittämät Lapin jäkälätyypin oloja koskevat luvut viittaavat siihen, että pienten koivujen juuristo on ainakin syvempi kuin kuusten, ja alle 1 m:n mittaiset koivun taimet osoittavat keskimäärin suurempia syvyyslukuja kuin saman kokoiset männyt.

Koivun vaakasuora juuristo näyttää siis edellä olevan perusteella olevan ainakin syvempi kuin

kuusen vastaava juuristo, mutta sangen todennäköisesti on se myös syvempi kuin männyn, ainakin on se yhtä syvä.

Tarkoin tutkitun koepuun XX, 4 pintajuuristo oli erikoinen juurten äkkimutkaisen kulun vuoksi. Myös tekivät juuret merkillisiä kierroksia, kuten jossain määrin selviää myös kartasta n:o 18. — Yhteenkasvettumat olivat runsaita.

Paalujuurta tai erikoisia vertikaalisia juuria ei tavattu yhdelläkään tutkitulla koivulla. Puun tyveltä alaspäin suuntautuvat juuret kääntyivät jonkin matkan päässä vaakasuoriksi.

Kirjallisuusluettelo.

AALTONEN, V. T. 1919. Kasgasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. I. (Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland. I.) (Metsätieteellisen Koelaitoksen Julkaisuja, 1.) Helsinki.

—»— 1920 a. Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. (Acta Forestalia Fennica, 14.) Helsinki.

—»— 1920 b. Wasserverbrauch der Bäume und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens. (Ibid., 14.)

—»— 1923. Über die Räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. Eine botanisch-bodenwissenschaftliche Studie. (Ibid., 25.)

—»— 1925. Allgemeines über die Einwirkung der Bäume auf einander. (Ibid., 29.)

—»— 1926. On the space arrangement of trees and root competition. (Journal of Forestry.) Washington.

ALBERT, R. 1907. Besteht ein Zusammenhang zwischen Bodenbeschaffenheit und Wurzelerkrankung der Kiefer auf aufgeforstetem Ackerland? (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.) Berlin.

—»— 1910. Beitrag zur Kenntnis der Ortsteinbildung. (Ibid.)

—»— 1912. Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneburger Heide. I—IV. (Ibid.)

—»— 1913. Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneburger Heide. V. (Ibid.)

—»— 1923 a. Ist die Rodung der Wurzelstöcke dem Waldboden von Nutzen oder von Schaden? (Ibid.)

—»— 1923 b. Bemerkungen zu vorstehende Abhandlung. (Tarkoittaa kirjoitusta: HILF und LIESE. Zur Frage der Stubbenrodung. Ks. tätä.) (Ibid.)

ALBERT, R. und PENSCHUCK, H. 1926. Einfluss verschiedener Holzarten auf den Lockerheitsgrad des Bodens. (Ibid.)

VON ALTEN, HERMANN. 1885. Unsere Nadelholz-Keimlinge. (Ibid.)

—»— 1909. Wurzelstudien. (Botanische Zeitung.) Leipzig.

ANDERS. 1907. Lehrbuch der allgemeinen Botanik. Leipzig. (Lähde: VON ALTEN. Wurzelstudien.)

BERGGREN, S. 1887. Ueber die Wurzelbildung bei australen Coniferen. (Botanisches Centralblatt.) Cassel.

BERKMAN, M. 1913. Untersuchungen über den Einfluss der Pflanzenwurzeln auf die Struktur des Bodens. (Internationale Mitteilungen für Bodenkunde.) Berlin.

VON BINZER. 1871. Die Bewaldungs-Verhältnisse und das Verhalten der Waldbäume in Schleswig-Holstein. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)
BLOMQVIST, A. G. 1881. Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. I. Tallen. (Finska Forstföreningens Meddelanden.) Helsingfors. — (Suom. T. A. CANNELIN, ilm. 1891.)
—»— 1883. Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrivna. II. Granen. (Ibid.) — (Suom. F. G. BERGROTH, ilm. 1891.)
BONSDORFF, A. J. 1917. Studien über die Sturmrichtungen in Finnland. (Acta Forest. Fenn., 8.)
—»— 1918. Beiträge zur Kenntnis der Sturmschäden in Finnland. (Ibid., 8.)
BÜHLER, ANTON. 1918, 1922. Der Waldbau nach wissenschaftlicher Forschung und praktischer Erfahrung. Ein Hand- und Lehrbuch. I. II. Stuttgart.
BURGER, HANS. 1922. Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. (Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, Bd. XIII.) Zürich.
BÜSGEN, M. 1901. Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln. (Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung.) Frankfurt am Main.
—»— 1905. Studien über die Wurzelsysteme einiger dicotyler Holzpflanzen. (Flora oder allgemeine botanische Zeitung.) Marburg.
—»— 1917. Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena.
CAJANDER, A. K. 1909. Ueber Waldtypen. (Acta Forest. Fenn., 1.)
—»— 1916. Metsänhoidon perusteet. I. Kasvibiologian ja kasvimaantieteen pääpiirteet. Porvoo.
—»— 1917. Metsänhoidon perusteet. II. Suomen dendrologian pääpiirteet. Porvoo.
CAJANDER, A. K. und ILVESSALO, YRJÖ. 1921. Ueber Waldtypen II. (Acta Forest. Fenn., 20.)
CAJANDER, A. K. 1921. Zur Frage der gegenseitigen Beziehungen zwischen Klima, Boden und Vegetation. (Ibid., 21.)
—»— 1925. Metsätyyppiteoria. (Ibid., 29.)
—»— 1926. The theory of forest types. (Ibid., 29.)
CANNON, W. A. 1911. The root habits of the desert plants. (Carnegie Institution of Washington, Publ. No. 131.) Washington.
—»— 1912. Physical relations of roots to soil factors. (Ibid., Year book No. 11.)
—»— 1913 a. Treelessness in prairie regions. (Ibid., Year book No. 12.)
—»— 1913 b. Root variation in desert plants. (Ibid., Year book No. 12.)
—»— 1924. General and physiological features of the vegetation of the more arid portions of southern Africa, with notes on the climatic environment. (Ibid., Publ. No. 354.)
COTTA, H. 1856. Anweisung zum Waldbau. Leipzig.
CRIST, JOHN W. 1922. Ks. WEAVER. 1922.
ELLIOT, G. R. B. 1924. Relation between the downward penetration of corn roots and water level in peat soils. (Ecology.) New York.
ENGLER, ARNOLD. 1903. Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. (Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f.d. forstl. Versuchsw., Bd. VII.)
—»— 1919. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. (Ibid., Bd. XII.)

Franke, Max. 1881. Beiträge zur Kenntniss der Wurzelverwachsungen. (Inaugural-Dissertation.) Breslau.

Freidenfelt, T. 1902. Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen. (Flora.)

Fricke, Karl. 1905. (Forstwissenschaftliches Centralblatt. Siv. 218 selostetaan F:n esitystä eräästä tekemästään kokeesta.) Berlin.

—»— 1910. Veränderungen des Bodens durch Aufforstung bisheriger Ackerländereien. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)

Frosterus, Benj. ja Wilkman, W. W. 1917. Suomen geologinen yleiskartta. Lehti D 3. Joensuu. Maalajikartan selitys. (Geologinen Toimisto.) Helsinki.

Geist. 1913. Welchen Einfluss hat ein zu tiefer Stand der Kiefer auf deren Lebensdauer und Ertrag. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)

—»— 1921. Welchen Einfluss hat ein zu tiefer Stand der Kiefer auf deren Lebensdauer und Ertrag. (Ibid.)

Golovjanko. 1909. Ks. siv. 305.

Graebner, Paul. 1904. Handbuch der Heidekultur. Leipzig.

Göppert. 1842. Ueber das sogenannte Ueberwallen von Tannenstöcken. Bonn. (Lähde: Göppert. 1846.)

—»— 1846. Ueber die Ueberwallung der Tannenstöcke. (Bot. Ztg.) Berlin.

Haasis, F. W. 1921. Relations between soil type and root form of western yellow pine seedlings. (Ecology.)

Hartig, Th. 1851. Luft-, Boden- und Pflanzen-Kunde in ihrer Anwendung auf Forstwirtschaft. Stuttgart und Tübingen.

Heikinheimo, Olli. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. (Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands.) (Acta Forest. Fenn., 4.)

—»— 1920. Kuusen iän määräämisestä ja kuusen myöhäisjuurista. (Referat: Über die Bestimmung des Alters der Fichte und ihre Adventivwurzeln.) (Metsätiet. Koel. Julk., 2.)

—»— 1926. Myrskytuhoista Raivolan lehtikuusimetsässä syyskuun 23 päivänä 1924. (Referat: Über die Sturmschäden in dem Lärchenwalde bei Raivola am 23. September 1924.) (Ibid., 12.)

Heintze, Aug. 1908. Växtgeografiska anteckningar från ett par färder genom Skibottendalen i Tromsö amt. (Arkiv för botanik, Bd. 7.) Uppsala & Stockholm.

Helbig, M. 1913. Forstliche Standortslehre. (Handbuch der Forstwissenschaft, begründet von Professor Dr. Tuisko Lorey.) Tübingen.

Hertz, Martti. 1923. Huomioita männyn kokonaiskuution jakaantumisesta. (Metsätaloudellinen Aikakauskirja.) Helsinki.

Hesselman, Henrik. 1910, 1917. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. I, II. (Resumé: Studien über die Verjüngungsbedingungen der norrländischen Kiefernheiden. I, II.) (Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt, Häft. 7, 13—14.) Stockholm.

Hilf, H. H. und Liese, J. 1923. Zur Frage der Stubbenrodung auf Talsandböden. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)

Hitrovo. 1908. Ks. siv. 306.

Ilvessalo, Yrjö. 1920. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä, nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. (Referat:

Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend.) (Acta Forest. Fenn., 15.)
Ilvessalo, Yrjö. 1921. Ks. Cajander. 1921
Jahontov. 1909. Ks. siv. 306.
Johansson, Osc. V. 1914. Om vindförhållandena i Fennoskandia. (Terra.) Helsinki.
—»— 1924. Ilmanpaine, tuulet ja myrskyt Suomessa. (Oma Maa, V.) Porvoo.
Kairamo, A. Osw. 1920. Suomen puulajit. (Ibid., I.) Porvoo.
Kirchner, O; Loew, E; Schröter, C. 1906. Die Coniferen und Gnetaceen Mitteleuropas. Stuttgart.
Klein, J. und Szabó, F. 1880. Zur Kenntniss der Wurzeln von *Aesculus Hippocastanum* L. (Flora.) Regensburg.
Kokkonen, P. 1923. Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. (Acta Forest. Fenn., 25.)
Kraft. 1891. Ueber Ortsteinkulturen. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)
Laing, Ernest V. 1923. Tree-roots: their action and development. (Transactions of the Royal Scottish Arboricultural Society.) Edinburgh.
Leistner, K. 1912. Die Standortsuntersuchung beim forstlichen Versuchswesen. (Allg. Forst- u. Jagd-Z.)
Liese, J. 1923. Ks. Hilf. 1923.
—»— 1926. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Kiefer *(Pinus silvestris)* nebst Beobachtungen an anderen Baumwurzeln. (Habilitationsschrift zur Erlangung der venia legendi der Forstlichen Hochschule Eberswalde.) Berlin.
Loew, E. 1906. Ks. Kirchner.
Lönnroth, Erik. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. (Acta Forest. Fenn., 30.)
Markle, M. S. 1917. Root systems of certain desert plants. (The Botanical Gazette.) Chicago.
Matthes. 1905. (Forstw. Centralbl. Siv. 218 selostetaan eräs M:n lausunto.)
—»— 1911. Mitteilungen über Bau und Leben der Fichtenwurzeln und Untersuchung über die Beeinflussung des Wurzelwachstums durch wirtschaftliche Einwirkungen. (Allg. Forst- u. Jagd-Z.)
Melder. 1911. Ks. siv. 306.
Melin, Elias. 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. (Akademisk avhandling.) Uppsala.
Mer, E. 1880. Des modifications de structure et de forme qu'éprouvent les racines suivant les milieux où elles végètent. (Association france pour l'avancement des sciences, Compte rendu de la 9:e session.) Reims.
Moore, Barrington. 1922 a. Influence of certain soil factors on the growth of tree seedlings and wheat. (Ecology.)
—»— 1922 b. Humus and root systems in certain northeastern forests in relation to reproduction and competition. (Journal of Forestry.)
Morozov. 1900, 1902. Ks. siv. 306.
Multamäki, S. E. 1923. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. (Refe-

rat: Untersuchungen über das Waldwachstum entwässerter Torfböden.) (Acta Forest. Fenn., 27.)
MÖLLER, A. 1902. Über die Wurzelbildung der ein- und zweijährigen Kiefer im märkischen Sandböden. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)
—»— 1903. Untersuchungen über ein- und zweijährige Kiefern im märkischen Sandböden. (Ibid.)
—»— 1908. Die Nutzbarmachung des Rohhumus bei Kiefernkulturen. (Ibid.)
NOBBE, FRIEDRICH. 1862. Ueber die feinere Verästelung der Pflanzenwurzel. (Die landwirthschaftlichen Versuchs-Stationen, Bd. IV.) Dresden.
—»— 1875. Beobachtungen und Versuche über die Wurzelbildung der Nadelhölzer. (Ibid., Bd. XVIII.) Chemnitz.
NOELLE, W. 1910. Studien zur vergleichenden Anatomie und Morphologie der Koniferenwurzeln mit Rücksicht auf die Systematik. (Bot. Ztg.)
NOLL, F. 1894. Über eine neue Eigenschaft des Wurzelsystems. (Bot. Centralbl.)
NORMAN, J. M. 1901. Norges arktiske Flora. II. Oversigtlig fremstilling af karplanternes utbredning, forhold til omgivelserne m.m. Kristiania.
OTOTSKI. 1899. Ks. siv. 306.
PENSCHUCK, H. 1926. Ks. ALBERT. 1926.
PFEIL, W. 1860. Die deutsche Holzzucht. Leipzig.
RAMANN, E. 1892. Ernährungsverhältnisse vorherrschender, mitherrschender und beherrschter Stämme. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)
REINKE, J. 1871. Untersuchungen über Wachsthumsgeschichte und Morphologie der Phanerogamen-Wurzel. (Botanische Abhandlungen aus dem Gebiet der Morphologie und Physiologie. Herausgegeben von Dr. JOHANNES HANSTEIN. Bd. 1.) Bonn.
RIMBACH, A. 1899. Beiträge zur Physiologie der Wurzeln. (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. XVII.) Berlin.
RÜBEL, EDUARD. 1922. Geobotanische Untersuchungsmethoden. Berlin.
RUBNER, KONRAD. 1924. Über die forstlichen Verthältnisse Südfinnlands. (Forstw. Centralbl.)
RUNNEBAUM, A. 1892. Das Absterben und die Bewirthschaftung der Kiefer in Stangenholzalter auf den Diluvial- und Alluvial-böden der norddeutschen Tiefebene. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)
SAURAMO, MATTI. 1924. Suomen geologinen yleiskartta. Lehti B 2. Tampere. Maalajikartan selitys. (Suomen Geologinen Komissioni.) Helsinki.
SAVITŠ, M. 1882. Ks. siv. 306.
SAVITŠ, V. 1906. Ks. siv. 306.
SCHOTT, PETER KARL. 1904. *Pinus sylvestris* L., die gemeine Kiefer. (Forstw. Centralbl.)
SCHRÖTER, C. 1906. Ks. KIRCHNER.
SCHULTZ. 1913. Der Geist-Kählersche Wühlgrubber. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)
SCHWARZ, F. 1883. Die Wurzelhaare der Pflanzen. (Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen, Bd. I.) Leipzig.
—»— 1892. Ueber den Einfluss des Wasser- und Nährstoffgehaltes des Sandbodens auf die Wurzelentwickelung von *Pinus silvestris* im ersten Jahre. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)

Splettstösser. 1908. Einfluss unserer Kulturmethoden auf das Absterben der Kiefer. (Ibid.)

Szabó, F. 1880. Ks. Klein.

Tamm, O. 1920. Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet. (Referat: Bodenstudien in der nordschwedischen Nadelwaldregion.) (Medd. fr. Statens Skogsförsöksanst., Häft. 17.)

Ter-Sarkisov. 1882. Ks. siv. 306.

Tolski. 1904, 1905 a, 1905 b, 1907, 1911, 1913. Ks. siv. 306.

Tschermak, Leo. 1922. Waldrodung. Wien und Leipzig.

Wagner. 1871. Die Nadelhölzer in der Provinz Schleswig-Holstein. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)

Wahlgren, A. 1914. Skogsskötsel. Stockholm.

Waterman, W. G. 1919. Development of root systems under dune conditions. (Bot. Gaz.)

Weaver, J. E. 1919. The ecological relations of roots. (Carnegie Inst. Wash., Publ. No. 286.)

—»— 1920. Root development in the grassland formation. (Ibid., Publ. No. 292.)

Weaver, J. E. and Crist, John W. 1922. Relation of hardpan to root penetration in the Great Plains. (Ecology.)

Vesterlund, Otto. 1892. Några iakttagelser öfver skogarnes markbetäckning i Norrbotten. (Tidskrift för skogshushållning.) Stockholm.

Wibeck, Edvard. 1923. Om missbildning av tallens rotsystem vid spettplantering. (Referat: Über Missbildung des Wurzelsystems der Kiefer bei Stieleisenpflanzung.) (Medd. fr. Statens Skogsförsöksanst., Häft. 20.)

Wiedemann, Eilhard. 1926. Die Kiefernnaturverjüngung in der Umgebung von Bärenthoren. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)

Wilkman, W. W. 1917. Ks. Frosterus.

Volger, K. 1926. Die Bewirtschaftung des Hilssandsteingebietes in Forstamtsbezirke Wenzen. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)

Woodhead, Thomas William. 1906. Ecology of woodland plants in the neighbourhood of Huddersfield. (Inaugural-Dissertation.) Zürich.

Vyisotski. 1899, 1906. Ks. alemmas.

Zielaskowski. 1898. Standortsuntersuchungen. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.)

Zimmermann. A. 1908. Untersuchungen über das Absterben des Nadelholzes in der Lüneburger Heide. (Ibid.)

Venäjänkieliset julkaisut.

Высоцкій, Г. Н. 1899. Гидрологическія и гео-біологическія наблюденія въ Велико-Анадолѣ. (Почвовѣдѣніе.) С.-Петербургъ.

—»— 1906. Почвенно-ботаническія изслѣдованія въ южныхъ тульскихъ засѣкахъ. (Труды Опытныхъ Лѣсничествъ, Вып. IV.) С.-Петербургъ.

Головянко, З. 1909. Развитіе и состояніе корневой системы, какъ условіе успѣшнаго развитія сосенъ. Труды по Лѣсному Опытному дѣлу въ Россіи, Вып. XXI.) С.-Петербургъ.

Мельдеръ, Хр. 1911. Вліяніе корневой системы на распредѣленіе подроста около сосновыхъ сѣменниковъ въ сухомъ бору. (Résumé: Einfluss des Wurzelsystems auf die Gruppierung der Kulturen um die Samenbäume auf trockenem Sandboden.) (Извѣстія Лѣсного Института, Вып. XXI.) С.-Петербургъ.

Морозовъ, Г. Ф. 1900. Лѣсокультурныя работы въ Каменно-степномъ опытномъ лѣсничествѣ 1896—1900 гг. (Тр. Оп. Лѣсн.)

—»— 1902. Исторія культуръ въ Хрѣновскомъ бору (1849—1899 г.). (Ibid., Вып. I.)

Отоцкій, П. В. 1899. О вліяніи лѣсовъ на грунтовыя воды. (Почвовѣдѣніе.)

Савичъ, В. 1906. Флористическія и экологическія изслѣдованія въ Бузулукскомъ бору Самарской губерніи. (Тр. Оп. Лѣсн., Вып. IV.)

Савичъ, М. 1882. Вліяніе почвы на развитіе корней сосны, ели и сибирской пихты, (Исвѣстія Петровской Земледѣльческой и Лѣсной Академіи. Неоффиціальный отдѣлъ. Годъ V, Вып. II.) Москва.

Теръ-Саркисовъ, С. 1882. Вліяніе почвы на развитіе корней, сосны, ели и сибирской пихты. (Ibid., Годъ V, Вып. II.)

Тольскій, А. П. 1904. Къ вопросу о вліяніи типа почвъ на строеніе корней сосны. (Тр. Оп. Лѣсн., Вып. II.)

—»— 1905 a. Матеріалы по изученію формы и развитія корней сосны и другихъ древесныхъ породъ. (Ibid., Вып. III.)

—»— 1905 b. О вліяніи различной влажности почвъ на развитіе сосновыхъ всходовъ. (Лѣсной Журналъ.) С.-Петербургъ.

—»— 1907. Матеріалы по изученію строенія и жизнедѣятельности корней сосны. (Referat: Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems von *Pinus silvestris*.) (Тр. по Лѣсн. Оп. дѣлу въ Россіи, Вып. III.)

—»— 1911. Матеріалы по изученію состоянія и развитія корней у отдѣльныхъ сосенъ и въ насажденіяхъ Бузулукскаго бора. (Ibid., Вып. XXXII.)

—»— 1913. Къ вопросу о вліяніи метеорологическихъ условій на развитіе сосны въ Бузулукскомъ бору. (Ibid., Вып. XLVII.)

Хитрово, А. 1908. Вліяніе различныхъ горизонтовъ почвы на развитіе дуба въ первые годы его жизни. (Referat: Der Einfluss verschiedener Bodenhorizonte auf die Entwickelung der Eiche in ihren ersten Lebensjahren.) (Ibid., Вып. VII.)

Яхонтовъ, И. А. 1909. Развитіе сосноваго подроста подъ пологомъ старыхъ насажденій. (Ibid., Вып. XX.)

Painatuksen aikana ovat käsiini joutuneet seuraavat julkaisut.

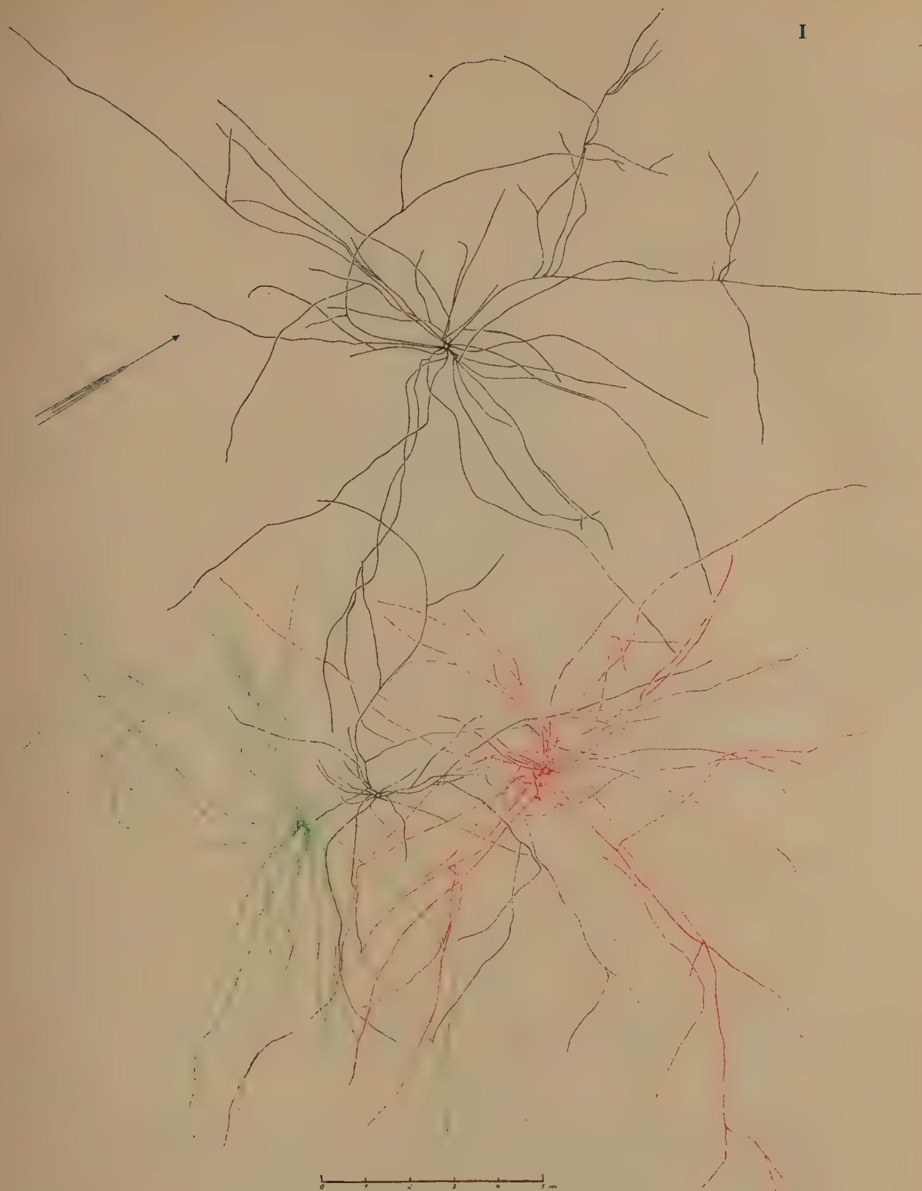
Görz und Bennecke, St. H. 1927. Studien über die Abhängigkeit der Wurzelausbildung der Kiefer vom Bodenprofil im Revier Stibbe. (Deutsche Waldwirtschaft, ein Rückblick und Ausblick von Dr. Phil. Erhard Hausendorff.) Berlin.

Hilf, Hubert Hugo. 1927. Studien über die Wurzel-Ausbreitung von Fichte, Buche und Kiefer, in geschlossenen älteren Beständen, insbesondere auf Sandböden. (Dissertation.) Hannover.

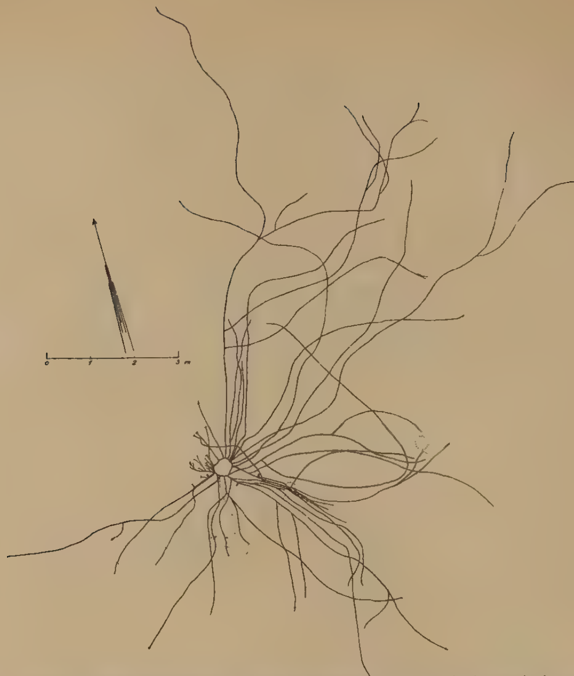
Vater, H. 1927. Die Bewurzelung der Kiefer, Fichte und Buche. (Tharandter Forstliches Jahrbuch, Bd. 78.) Berlin.

Karttoja ja kuvia.

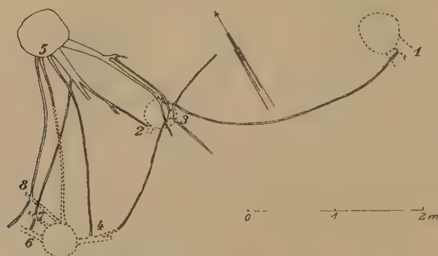
Maps and figures.



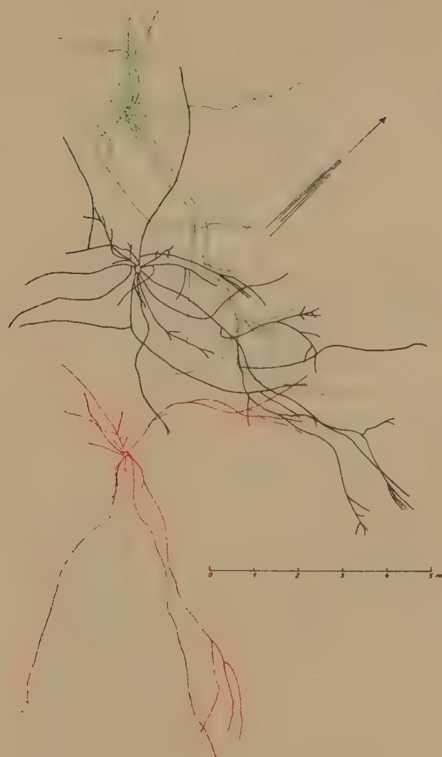
Kartta n:o 1. Pintajuuristoja koealalta II. Koepuut vasemmalta lukien: 4 (vihreä), 3 (musta), 1 (musta), 2 (punainen), kaikki mäntyjä. — *Map no. 1. Horizontal root systems of sample plot II. Sample trees from left: 4 (green), 3 (black), 1 (black), 2 (red), all pines.*



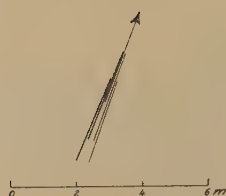
Kartta n:o 2. Esiin kaivettu osa koepuun III, 1 (mänty) pintajuuristoa. — Pisteviivalla merkitty ne vieraat puut ja niiden juuret, jotka ovat yhteenkasvettuman välityksellä liittyneet koepuuhun. — *Map no. 2. The uncovered part of the horizontal root system of sample tree III, 1. — The dotted lines mark such other trees with their roots, as have grown together with the roots of the sample tree.*



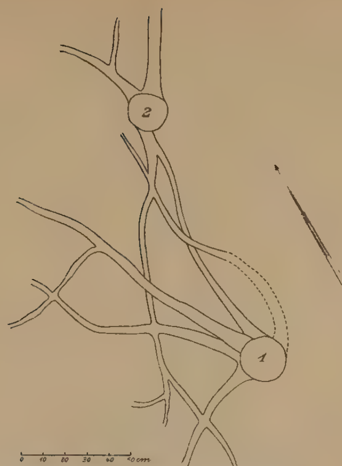
Kartta n:o 3. Kaaviollinen kartta koepuun III, 1 ja kolmen muun männyn juurten välisistä yhteenkasvettumista (ne on numeroitu). — Koepuu ja sen juuret merkitty eheällä, muut katkoviivalla. — *Map no. 3. A schematic map of the points (marked with numbers), where the roots of sample tree III, 1 and three other trees have grown together. — The sample tree with its roots is marked by the continuous lines, the others by the broken lines.*



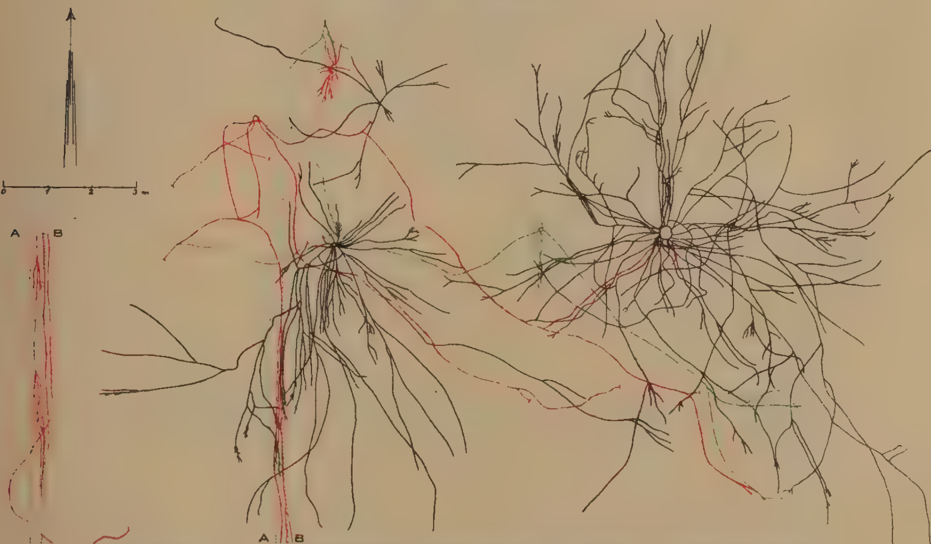
Kartta n:o 4. Pintajuuristoja koealalta IV. Koepuu 1 punaisella, 2 mustalla ja 3 vihreällä, kaikki mäntyjä. — *Map no. 4. Horizontal root systems of sample plot IV. Sample tree 1 marked in red, 2 in black and 3 in green, all pines.*



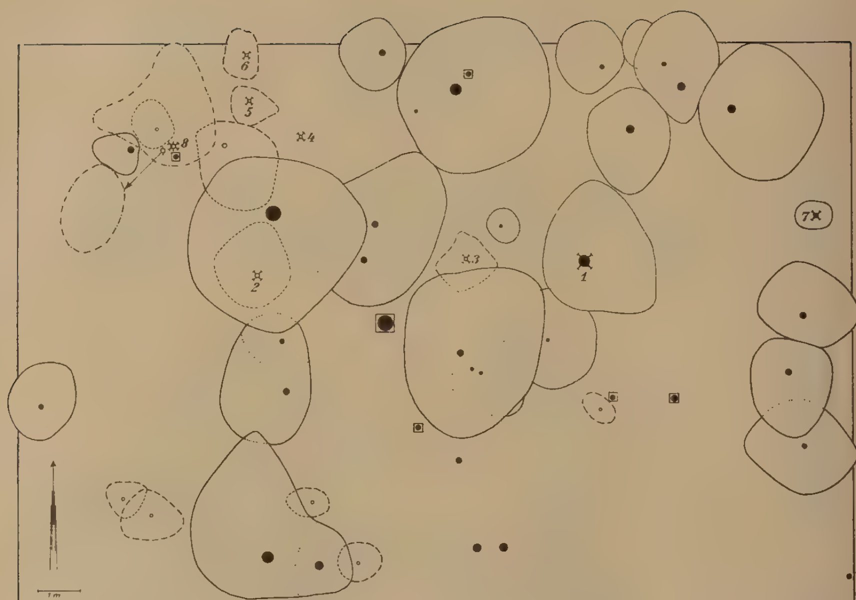
Kartta n:o 5. Esiin kaivettu osa koepuun VII, 1 (mänty) pintajuuristoa. — Katkoviivalla on merkitty latvusprojektio, pisteviivalla suon reuna. — *Map no. 5 The uncovered part of the horizontal root system of sample tree VII, 1 (pine). — The broken line marks the projection of the crown, the dotted lines the edge of an adjacent moor.*



Kartta n:o 6. Kaaviollinen kartta koepuiden X, 1 ja X, 2 (mäntyjä) juurten välisistä yhteenkasvettumista. — *Map no. 6. A schematic map of the points, where the roots of sample trees X, 1 and X, 2 (pines) have grown together.*



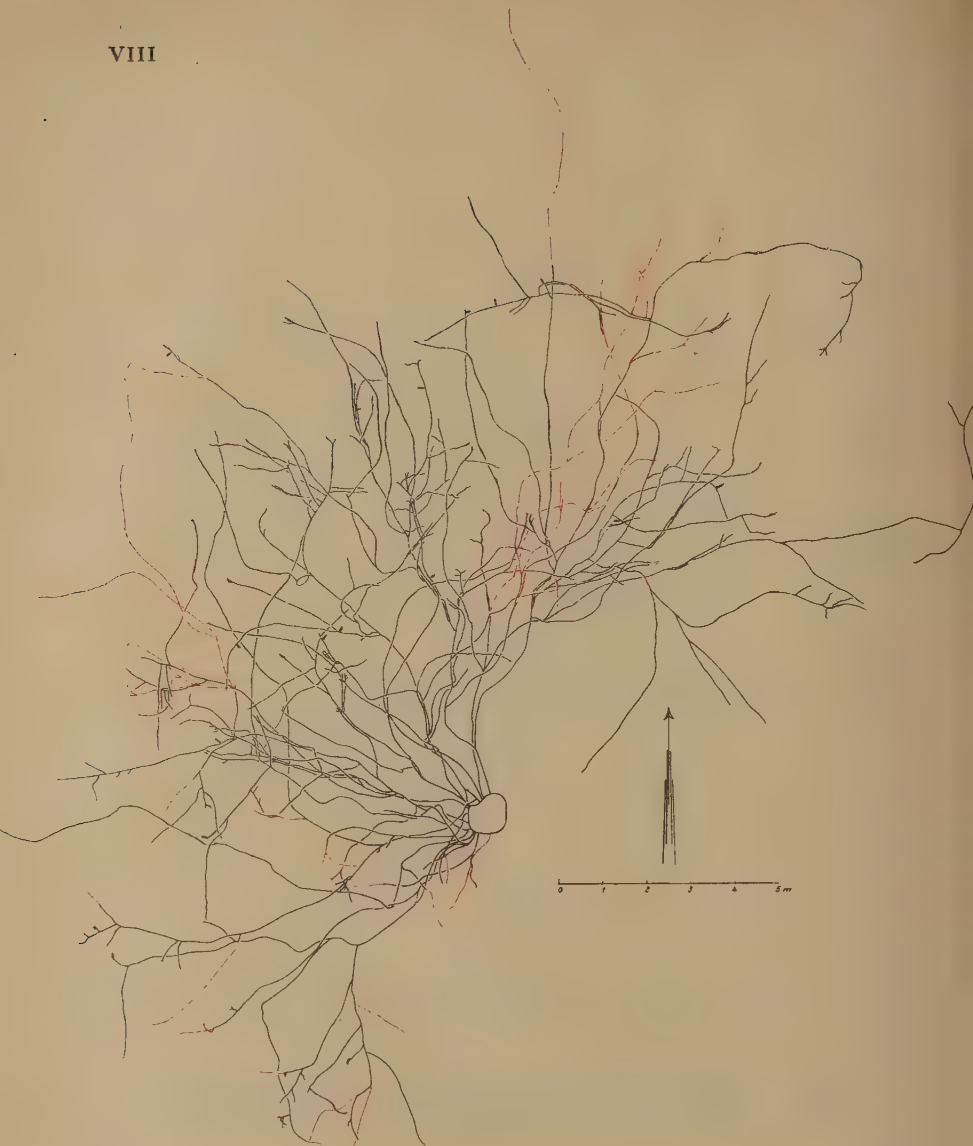
Kartta n:o 7. Pintajuuristoja koealalta XI. Koepuut oikealta lukien: 1 (mustalla; mänty), 3 (vihreällä; kuusi), 4 (mustalla, pieni puu; kuusi), 2 (mustalla, iso puu; kuusi), 5 (punaisella, pieni puu; kuusi), 6 (vihreällä, pieni puu; kuusi), 8 (punaisella; koivu). — Vihreällä katkoviivalla on merkitty maatunut runko. — *Map no. 7. Horizontal root systems of sample plot XI. The sample trees from the right: 1 (black; pine), 3 (green; spruce) 4 (black, a small tree; spruce), 2 (black, a larger tree; spruce), 5 (red, a small tree; spruce), 6 (green, a small tree; spruce), 8 (red; birch). — The green broken line marks a mouldering trunk.*



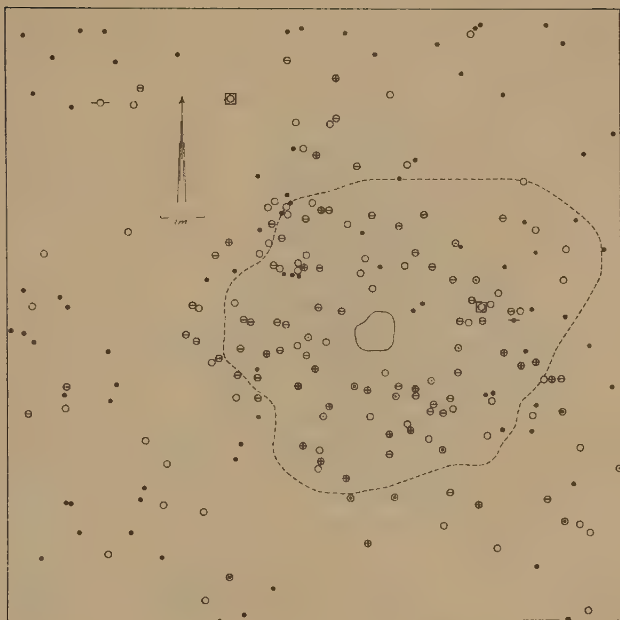
Kartta n:o 8. Puiden asema koealalla XI. — Merkkien selitys siv. XXI. — *Map no. 8. The position of the trees on sample plot XI. — Explanation of signs on page XXI.*



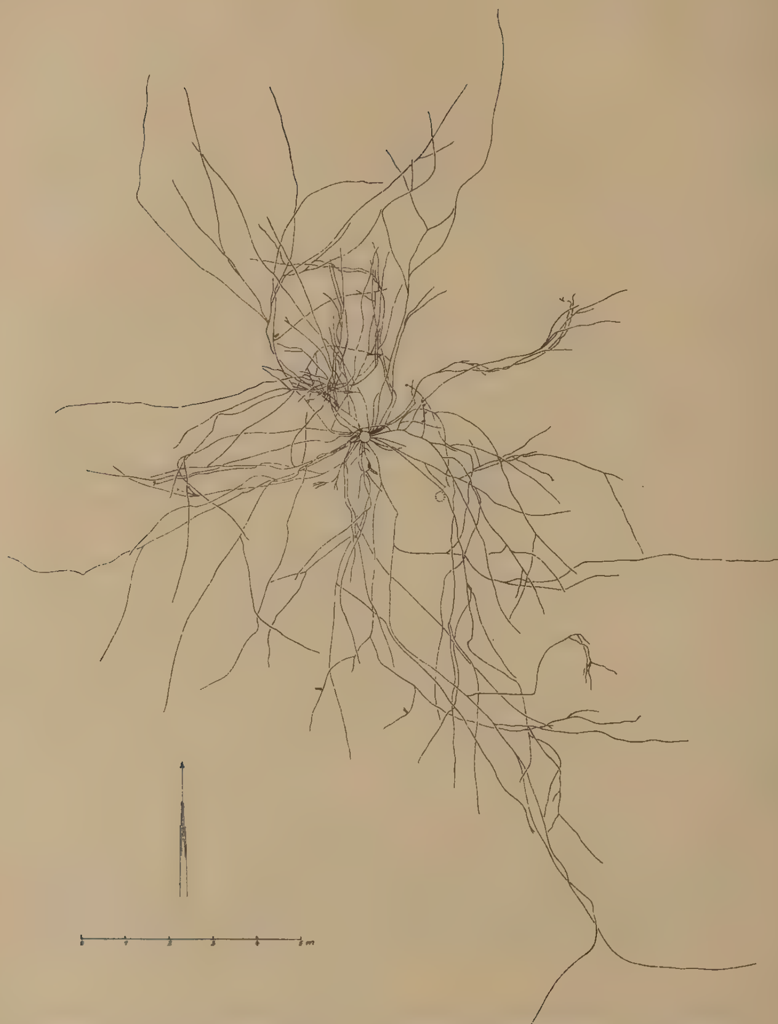
Kartta n:o 9. Esiin kaivettu osa koepuun XIII, 1 (mänty) pintajuuristoa. — *Map no. 9. The uncovered part of the horizontal root system of sample tree XIII, 1 (pine).*



Kartta n:o 10. Esiin kaivettu osa koepuun XIV, 1 (mänty) pintajuuristoa. — Punaisella on merkitty kuollut osa juuristoa. — *Map no. 10. The uncovered part of the horizontal root system of sample tree XIV, 1 (pine). — The dead part of the root system is marked in red.*



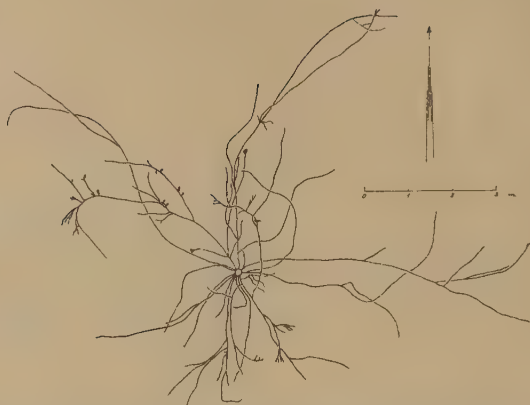
Kartta n:o 11. Koepuun XIV, 1 (mänty) ympärille muodostuneen ryhmän puiden asema. — Koepuun latvusprojektio merkitty katkoviivalla, muut merkit selitetty siv. XXI. — *Map no. 11. The position of trees around sample tree XIV, 1 (pine). — The broken line marks the projection of the crown. Other signs explained on page XXI.*



Kartta n:o 12. Koepuun XV, 1 (mänty) pintajuuristo. — Pisteviivalla merkitty eräs vieras puu, jonka juureen koepuun juuri on kasvanut kiinni — *Map no. 12. The horizontal root system of sample tree XV, 1 (pine). — The dotted line marks a tree, to one root of which a root of the sample tree has grown fast.*



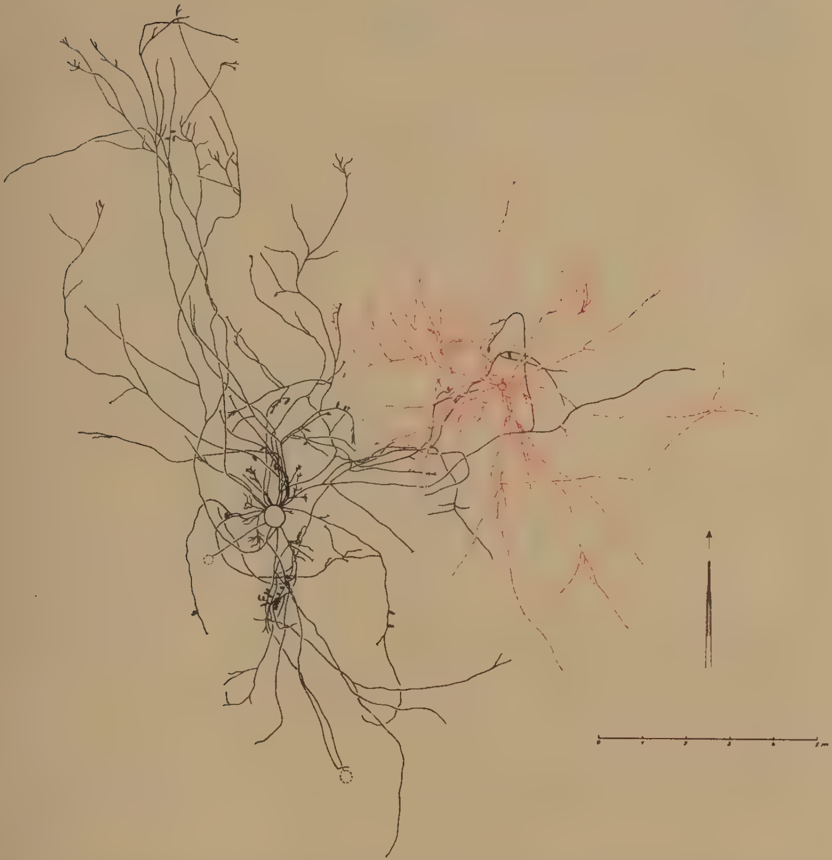
Kartta n:o 13. Puiden asema koealalla XV. — Merkkien selitys siv. XXI. — *Map no. 13. The position of trees on sample plot XV. — Explanation of signs on page XXI.*



Kartta n:o 14. Koepuun XVIII, 1 (mänty) pintajuuristo. — *Map no. 14. The horizontal root system of sample tree XVIII, 1 (pine).*



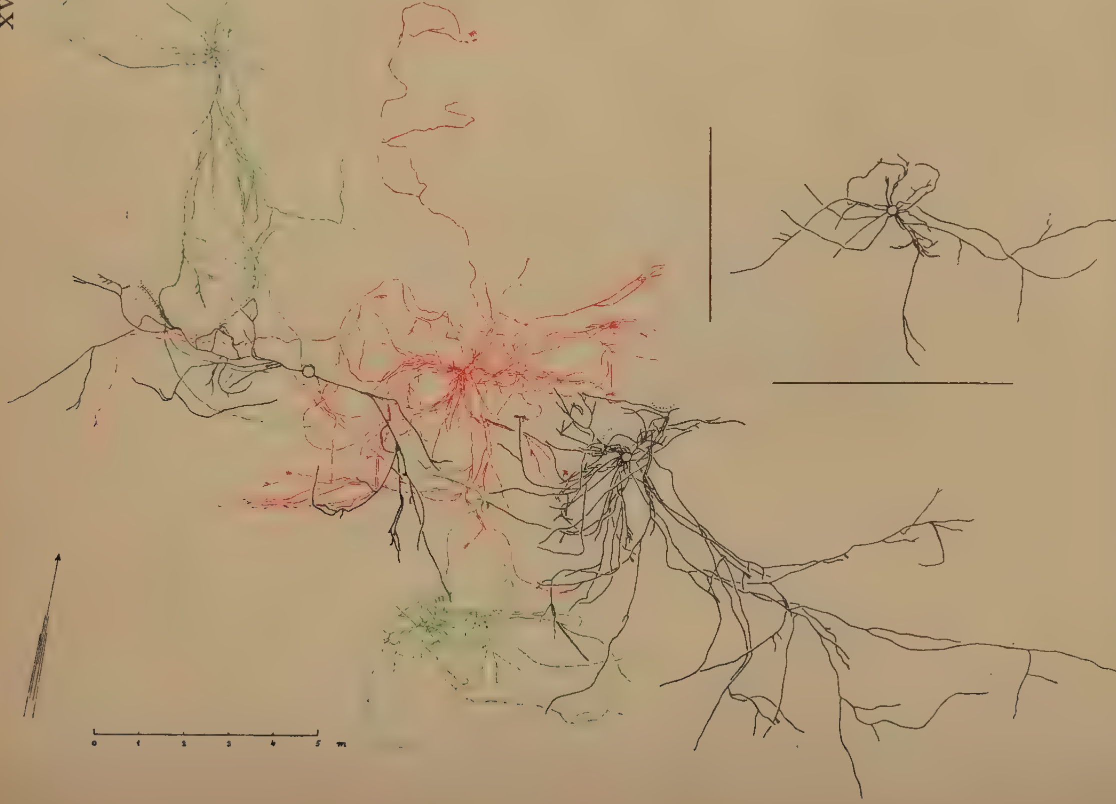
Kartta n:o 15. Puiden asema koealalla XVIII. — Koepuiden latvusprojektiot merkitty katkoviivalla. Muut merkit selitetty siv. XXI. — *Map no. 15. The position of trees on sample plot XVIII. — The projections of crowns are marked by the broken lines. Other signs explained on page XXI.*



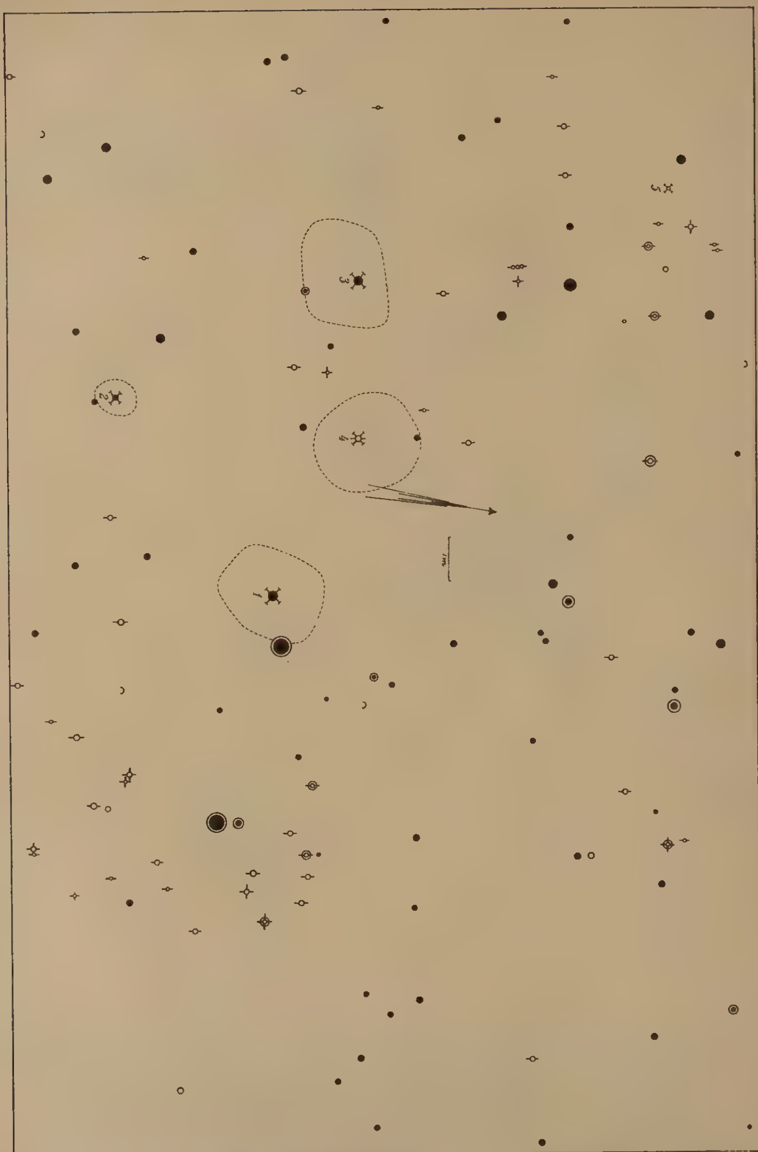
Kartta n:o 16. Koepuiden XIX, 1 (musta; mänty) ja XIX, 2 (punainen; kuusi) pintajuuristot. — Katkoviivoilla merkitty kaksi vierasta puuta, joiden juuriin koepuun juuret ovat yhteenkasvettuneet. — *Map no. 16. The horizontal root systems of sample trees XIX, 1 (black; pine), and XIX, 2 (red; spruce). — The broken lines mark two other trees, to the roots of which the roots of the sample tree have grown fast.*



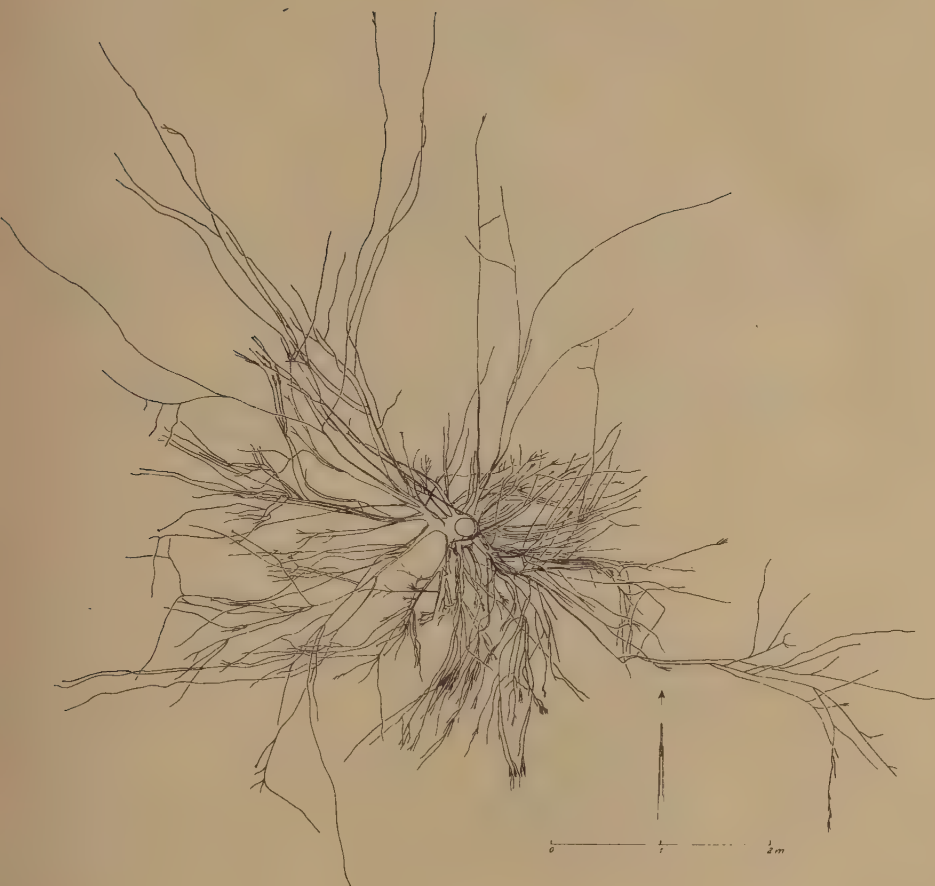
Kartta n:o 17. Puiden asema koealalla XIX. — Latvusprojektiot merkitty katkoviivalla. Muut merkit selitetty siv. XXI. — *Map no. 17. The position of trees on sample plot XIX. The projections of the crowns are marked by the broken lines. Other signs explained on page XXI.*



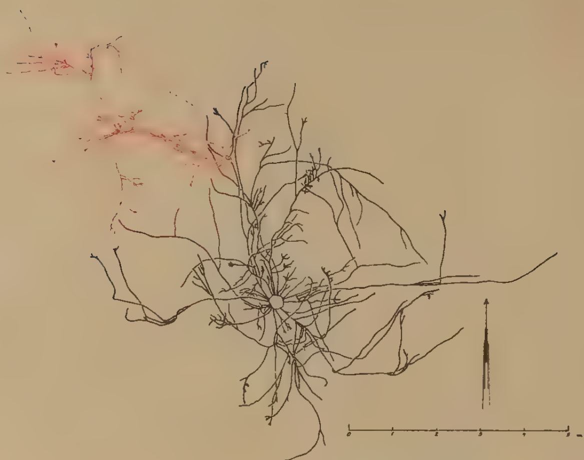
Kartta n:o 18. Pintajuuristoja koealalta XX. Koepuut ovat vasemmalta lukien: 5 (vihreällä; kuusi), 3 (mustalla; mänty, vain 2 pintajuurta kaivettu), 2 (vihreällä; mänty), 4 (punaisella; koivu), 1 (mustalla; mänty). — Eri konnektiossa on osa koepuun 1 juuristoa (syvimmällä kulkeva). — Harvempi musta pisteviiva tarkoittaa esiin pistävää kalliota, tiheämpi suuria maakiviä. — *Map no. 18. Horizontal root systems of sample plot XX. The sample trees are from the left: 5 (green; spruce), 3 (black; pine, only two horizontal roots dug), 2 (green; pine), 4 (red; birch), 1 (black; pine). — Inset is a part of horizontal root system (the deepest) of sample tree 1. — The broader dotted lines indicate rock sticking out, the narrower large stones.*



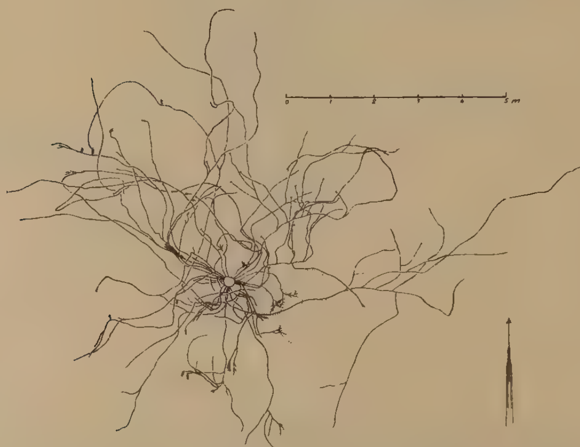
Kartta n:o 19. Puiden asema koealalla XX. — Koepuiden 1, 2, 3 ja 4 latvusprojektiot on merkitty katkoviivalla. Muut merkit selitetty siv. XXI. — *Map no. 19. The position of trees on sample plot XX. — The projections of the crowns of sample trees 1, 2, 3 and 4 are marked by the broken lines. Other signs explained on page XXI.*



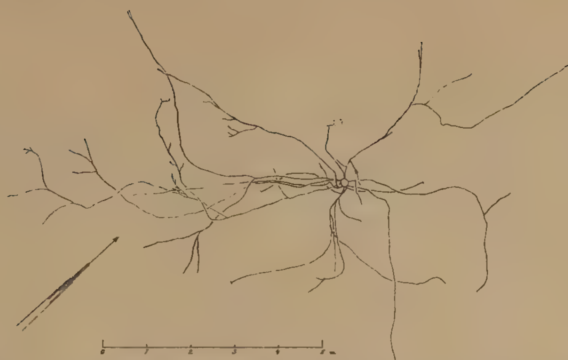
Kartta n:o 20. Koepuun XXI, 1 (mänty) pintajuuristo. — *Map no. 20. The horizontal root system of sample tree XXI, 1 (pine).*



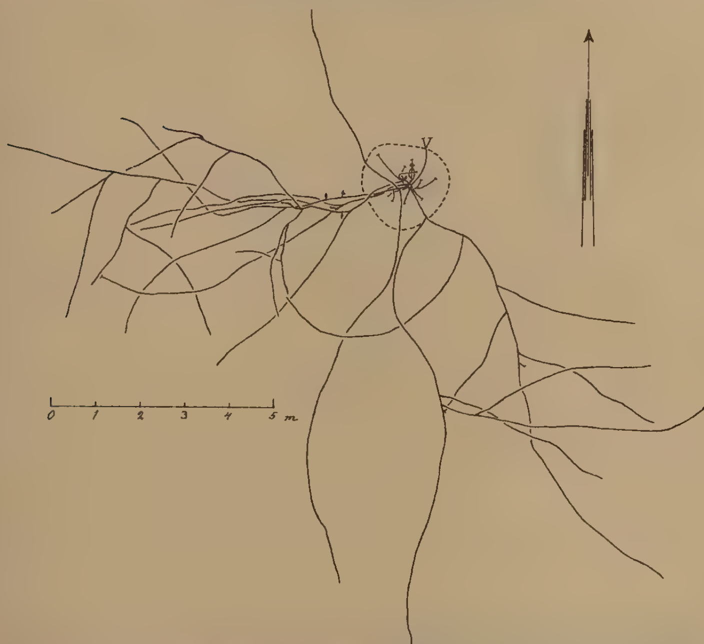
Kartta n:o 21. Koepuun XXII, 1 (musta; mänty) ja XXII, 2 (punainen; kuusi) pintajuuristot. — *Map no. 21. The horizontal root systems of sample trees XXII, 1 (black; pine) and XXII, 2 (red; spruce).*



Kartta n:o 22. Koepuun XXIII, 1 (mänty) pintajuuristo. — Pisteviivalla on merkitty suurimmat maakivet, joiden lomitse juuret pujottelevat. — *Map n:o 22. The horizontal root system of sample tree XXIII, 1 (pine). — The dotted lines mark the largest stones between which the roots creep.*



Kartta n:o 23. Esiin kaivettu osa koepuun XXV, 1 (mänty) pintajuuristoa. — Pisteviivalla on merkitty eräs vieras puu, jonka tyveen koepuun juuri on kasvanut kiinni. — *Map no. 23. The uncovered part of the horizontal root system of sample tree XXV, 1 (pine). — The dotted line marks another tree, to the base of which one of the roots of the sample tree has grown fast.*



Kartta n:o 24. Esiin kaivettu osa koepuun XXVI, 1 (mänty) pintajuuristoa. — Katkoviivalla on merkitty latvusprojektio. — *Map no. 24. The uncovered part of the horizontal root system of sample tree XXVI, 1 (pine). — The projection of the crown is marked by the broken line.*



Kartta n:o 25. Koepuun XXVIII, 1 (mänty) pintajuuristo. — *Map. no. 25. The horizontal root system of sample tree XXVIII, 1 (pine).*



Kartta n:o 26. Koepuun XXIX, 1 (mänty) pintajuuristo. — *Map no. 26. The horizontal root system of sample tree XXIX, 1 (pine).*

MERKKIEN SELITYS
EXPLANATION OF SIGNS

Juurikartat — *Maps of root systems*

o———————┤	Katkennut juuri — *Broken root*
o————+———	Juuri kuollut poikkiviivasta saakka — *Root dead from the cross-line*
o——┬——┬——	Vertikaalisia juuria — *Vertical roots*

Puukartat — *Maps of the positions of trees*

Puut, joiden pituus on yli 1.3 m — *Trees taller than 1.3 m*

Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Leppä *Alder*	Haapa *Aspen*	D 1.3, cm
●	○	ϕ	-o-	-ϕ-	0—5
●	○	ϕ	-o-	-ϕ-	5—10
●	○	ϕ	-o-	-ϕ-	10—15
●	○	ϕ			15—20
●	○	ϕ			20—25
●	○				25—30
●	○				30—35

Puut, joiden pituus on alle 1.3 m — *Trees shorter than 1.3 m*

+	Mänty — *Pine*	△	Koivu — *Birch*
×	Kuusi — *Spruce*	c	Leppä — *Alder*
⌒	Kataja (korkeudesta riippumatta) — *Juniper* (*irrespective of height*)		

Lisämerkit — *Additional signs*

□	Kuollut puu — *Dead tree*
○	Kanto — *Stump*
⁘	Koepuu — *Sample tree*
⁓	Luokiksi taipunut puu — *Bent tree*

Latvusprojektiot (kartat n:ot 8 ja 13) — *Crown projections* (*maps no. 8 and 13*)

Vapaa latvus — *Free crown*	Latvus toisen puun varjostama *Crown shadowed by another tree*	
――――――――――	………………………	Mänty — *Pine*
— — — — — —	- - - - - - - - - -	Kuusi — *Spruce*
—·—·—·—·—	—·-·—·-·—·-	Koivu — *Birch*

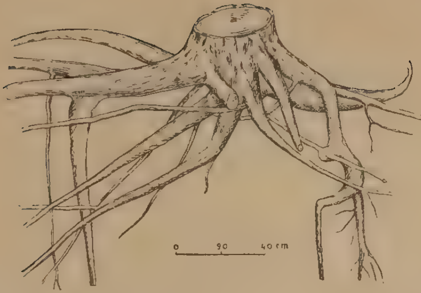
Kartta n:o 11 — *Map no. 11*

Mänty, pituus, m *Pine, height, m*		Mänty, pituus, m *Pine, height, m*	
•	< 1	⊙	4—5
○	1—2	◉	5—6
⊖	2—3	◉	6—7
⊕	3—4		

— — Kuusi (lisämerkki) *Spruce* (*additional sign*)

Sattuneen erehdyksen takia on sivunumeroinnissa tällä kohdalla aukko (XXI—XXVII).

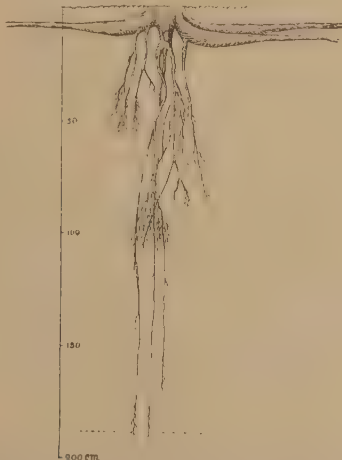
By mistake the numbering of the pages is interrupted at this point (XXI—XXVII)



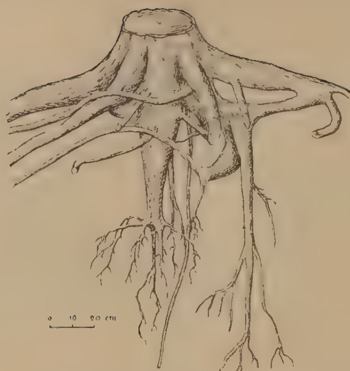
Kuva 1. Koepuun II, 2 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 1. The central part of the root system of sample tree II,2 (pine).*



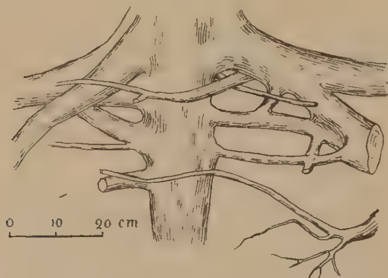
Kuva 2. Koepuun II, 3 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 2. The central part of the root system of sample tree II, 3 (pine).*



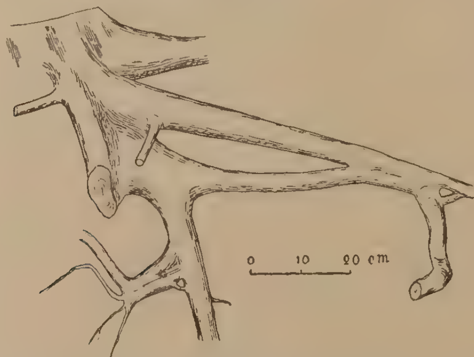
Kuva 3. Koepuun II, 7 (mänty) keskusjuuristo. — Pisteviiva osoittaa pohjaveden tason. — *Fig. 3. The central part of the root system of sample tree II, 7 (pine). — The dotted line marks the ground water level.*



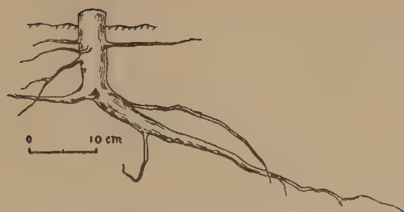
Kuva 4. Koepuun III, 1 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 4. The central part of the root system of sample tree III, 1 (pine).*



Kuva 5. Osa koepuun III, 1 (mänty) keskusjuuristoa. — *Fig. 5. Part of the central root system of sample tree III, 1 (pine).*



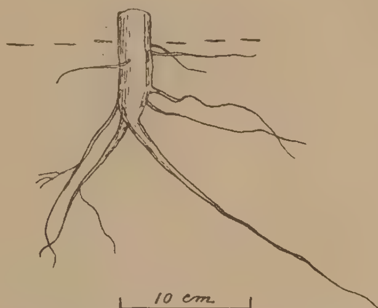
Kuva 6. Osa koepuun III, 1 (mänty) keskusjuuristoa. — *Fig. 6. Part of the central root system of sample tree III. 1 (pine).*



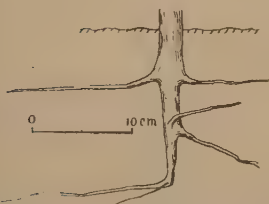
Kuva 7. Koepuun XI, 12 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 7. The central part of the root system of sample tree XI, 12 (pine).*



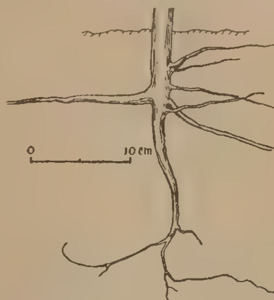
Kuva 8. Koepuun XI, 14 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 8. The central part of the root system of sample tree XI, 14 (pine).*



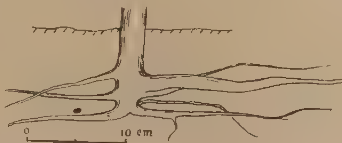
Kuva 9. Koepuun XI, 15 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 9. The central part of the root system of sample tree XI, 15 (pine).*



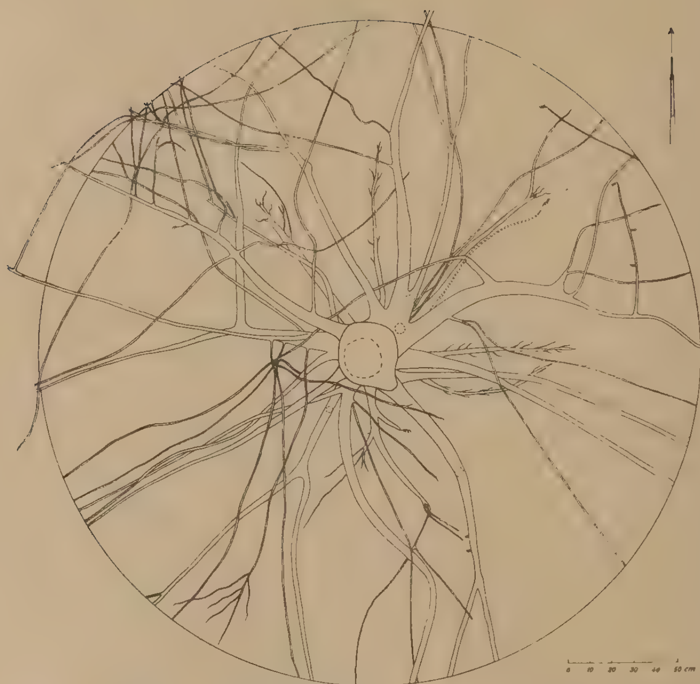
Kuva 10. Koepuun XIII, 17 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 10. The central part of the root system of sample tree XIII, 17 (pine).*



Kuva 11. Koepuun XIII, 19 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 11. The central part of the root system of sample tree XIII, 19 (pine).*



Kuva 12. Koepuun XIII, 22 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 12. The central part of the root system of sample tree XIII, 22 (pine).*



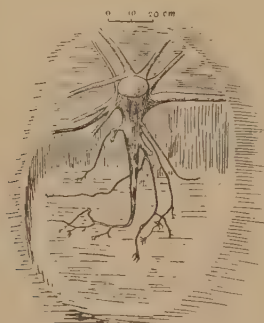
Kuva 13. Koepuun XV, 1 (mänty) keskusympyrä. — Katkoviivakehillä on merkitty suurimpien vertikaalisten juurten lähtökohdat. Katkoviivalla on vielä merkitty eräs vieras juuri, joka on kasvanut kiinni koepuun tyveen. — *Fig. 13. The central part of the root system of sample tree XV, 1 (pine).— The broken line circles mark the points, where tre greatest vertical roots start. The broken line root is of another tree, but has grown fast to the base of the sample tree.*



Kuva 14. Koepuun XIX, 1 (mänty) keskusympyrä. — Katkoviivalla on merkitty suuri maakivi. — *Fig. 14. The central part of the horizontal root system of sample tree XIX, 1 (pine). — The broken line marks a large stone.*



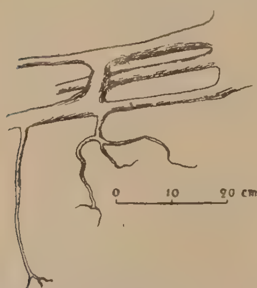
Kuva 15. Pari koepuun XIX, 1 ja erään vieraan männyn juurten välistä yhteenkasvettumaa. — Vieraan männyn tyvi näkyy kuvassa. — *Fig. 15. Two points, where the roots of the sample tree XIX, 1 and another pine have grown together. — The base of the pine last mentioned is to be seen in the picture.*



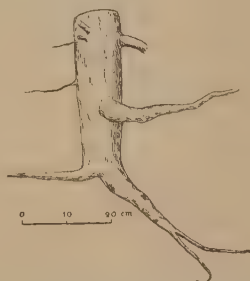
Kuva 16. Koepuun XIX, 2 (kuusi) keskusjuuristo. — *Fig. 16. The central part of the root system of sample tree XIX, 2 (spruce).*



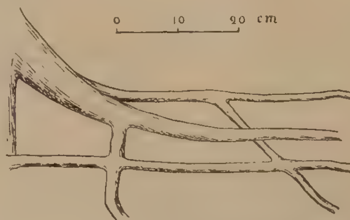
Kuva 17. Koepuun XX, 1 (mänty) keskusympyrä. — *Fig. 17. The central part of the horizontal root system of sample tree XX, 1 (pine).*



Kuva 18. Detaljipiirros koepuun XX, 1 (mänty) keskusjuuristosta. — *Fig. 18. Detail drawing of the central root system of sample tree XX, 1 (pine).*



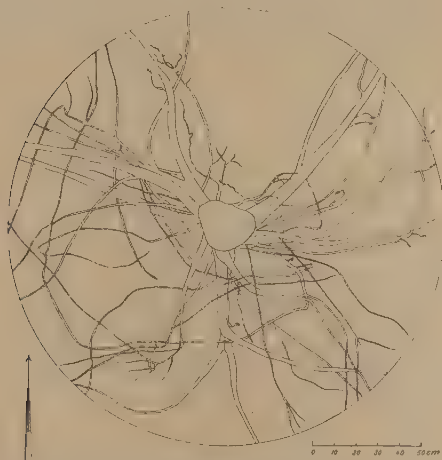
Kuva 19. Koepuun XX, 2 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 19. The central part of the root system of sample tree XX, 2 (pine).*



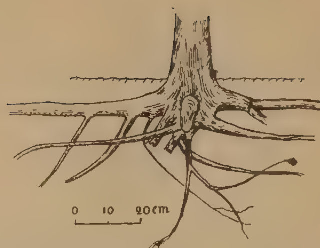
Kuva 20. Detaljipiirros koepuun XX, 4 (koivu) keskusjuuristosta. — *Fig. 20. Detail drawing of the central root system of sample tree XX, 4 (birch).*



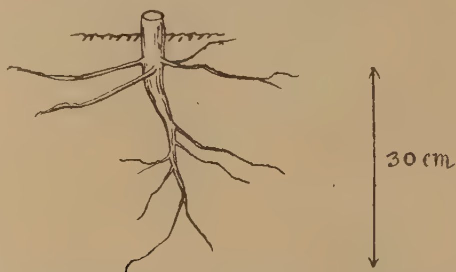
Kuva 21. Koepuun XXII, 1 (mänty) keskusympyrä. — Katkoviivalla merkitty pari suurta maakiveä. — *Fig. 21. The central part of the horizontal root system of sample tree XXII, 1 (pine). — The broken lines mark two large stones.*



Kuva 22. Koepuun XXIII, 1 (mänty) keskusympyrä. — *Fig. 22. The central part of the horizontal root system of sample tree XXIII, 1 (pine).*



Kuva 23. Koepuun XXIII, 4 (koivu) keskusjuuristo. — *Fig. 23. The central part of the root system of sample tree XXIII, 4 (birch).*



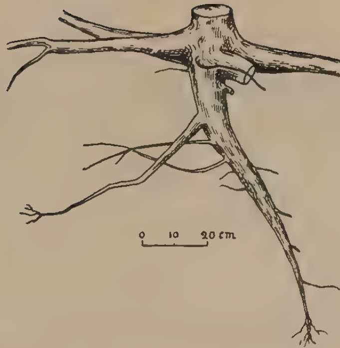
Kuva 24. Koepuun XXVII, 8 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 24. The central part of the root system of sample tree XXVII, 8 (pine).*



Kuva 25. Koepuun XXVII, 9 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 25. The central part of the root system of sample tree XXVII, 9 (pine).*



Kuva 26. Koepuun XXVII, 12 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 26. The central part of the root system of sample tree XXVII, 12 (pine).*



Kuva 27. Koepuun XXX, 1 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 27. The central part of the root system of sample tree XXX, 1 (pine).*



Kuva 28. Koepuun II, 7 (mänty) pintajuuristoa. — Matka rungon kohdalta kuvan alalaitaan on 2.5 m. — *Fig. 28. Part of the horizontal root system of sample tree II, 7 (pine). — Distance from the stump to the lower side of the figure is 2.5 m.*



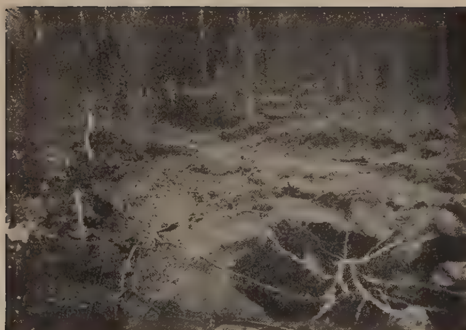
Kuva 29. Syväjuurien litteitä päätehaaromia 40—70 cm:n syvyydeltä. Vasemman puoleinen koepuusta III, 1 (mänty), muut koepuusta II, 7 (mänty). — Valkean taustan pitempi sivu on 59 cm. — *Fig. 29. Flattened fan shaped ends of vertical roots at a depth of 40—70 cm. The »fan» on the left is from the sample tree III, 1 (pine), the other ones from the sample tree II, 7 (pine). — The longer side of the white background is 59 cm.*



Kuva 30. Koepuun III, 2 (mänty) keskusjuuristo. — Puun tyviläpimitta 28 cm. — *Fig. 30. The central part of the root system of sample tree. III, 2 (pine). — The base diameter is 28 cm.*



Kuva 31. Koepuun III, 3 (mänty) keskusjuuristo. — Puun tyviläpimitta (kuoren alta) 25.5 cm. — *Fig. 31. The central part of the root system of sample tree III, 3 (pine). — The base diameter without bark is 25.5 cm.*



Kuva 32. Koepuun IV, 2 (mänty) pintajuuristoa lännestä katsottuna. Myös osa koepuiden IV, 1 ja 3 (mäntyjä) juuristoa näkyvissä. — Merkkipäreiden väli on 2 m. — *Fig. 32. Part of the horizontal root system of the sample tree IV, 2 (pine) seen from the west. Part of the root systems of the sample trees IV, 1 and 3 (pines) can also be seen in the picture. — The distance of the marking sticks is 2 m.*



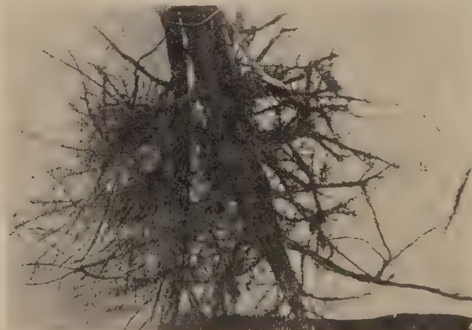
Kuva 33. Koepuun IV, 2 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 33. The central part of the root system of sample tree IV, 2 (pine).*



Kuva 34. Koepuun V, 1 (mänty) keskusjuuristo. — Vertikaalisten juurten syvyysulottuvaisuus oli 90 cm. — *Fig. 34. The central part of the root system of sample tree V, 1 (pine). — The depth extension of the vertical roots was 90 cm.*



Kuva 35. Koepuun VI, 1 (mänty) keskusjuuristo altapäin katsottuna. — Taustana olevan kankaan leveys on 2 m. — *Fig. 35. The central part of the root system of sample tree VI, 1 (pine), seen from below. — The longer side of the white background is 2 m.*



Kuva 36. Osa koepuun VI, 1 (mänty) keskusjuuristoa päältä katsottuna. — Kuvassa näkyy pääjuuria n. 1 m:n pituudelta. — *Fig. 36. Part of the central root system of the sample tree VI, 1 (pine), seen from abowe. —The partion of the main roots, seen in the picture is about 1 m in length.*



Kuva 37. Koepuun VII, 1 (mänty) pintajuuristoa luoteesta katsottuna. — Merkkipäreiden väli on 2 m. — *Fig. 37. Part of the horizontal root system of the sample tree VII, 1 (pine), seen from NW. — The distance of the marking sticks is 2 m.*



Kuva 38. Koepuun XI, 1 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 38. The central part of the root system of sample tree XI, 1 (pine).*



Kuva 39. Koepuun XI a, 6 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 39. The central part of the root system of sample tree XI a, 6 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 40. Koepuun XI a, 11 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 40. The central part of the root system of sample tree XI a, 11 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 41. Koepuun XI a, 15 (mänty) keskusjuuristo. — Kantoläpimitta on 33 cm. — *Fig. 41. The central part of the root system of sample tree XI a, 15 (pine). — The diameter of the stump is 33 cm.*



Kuva 42. Koepuiden XI a, 19 (vasemman puol.) ja 20 (oikean puol.) keskusjuuristot, molemmat puut mäntyjä. — *Fig. 42. The central part of the root systems of sample trees XI a, 19 (on the left) and XI a, 20 (on the right), both pines.*



Kuva 43. Koepuun XI a, 24 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 43. The central part of the root system of sample tree XI a, 24 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 44. Koepuun XI a, 27 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 44. The central part of the root system of sample tree XI a, 27 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 45. Koepuun XII, 1 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvän kourun pituus on 30 cm. — *Fig. 45. The central part of the root system of sample tree XII, 1 (pine). — The length of the spud in the picture is 30 cm.*



Kuva 46. Koepuun XIII, 1 (mänty) keskusjuuristo. — Puun tyviläpimitta on 32.5 cm. — *Fig. 46. The central part of the root system of sample tree XIII, 1 (pine). — The base diameter of the tree is 32.5 cm.*



Kuva 47. Koepuun XIII, 2 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 47. The central part of the root system of sample tree XIII, 2 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 48. Koepuun XIV, 2 (mänty) keskusjuuristo altapäin katsottuna. — *Fig. 48. The central part of the root system of sample tree XIV, 2 (pine), seen from below.*



Kuva 49. Koepuun XV, 1 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 49. The central part of the root system of sample tree XV, 1 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 50. Koepuun XVIII, 1 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 50. The central part of the root system of sample tree XVIII, 1 (pine).*



Kuva 51. Koepuun XVIII, 3 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 51. The central part of the root system of sample tree XVIII, 3 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 52. Koepuun XIX, 1 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 52. The central part of the root system of sample tree XIX, 1 (pine).*



Kuva 53. Eräs koepuun XIX, 1 (mänty) juuri hajasyväjuurineen. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 53. A root of the sample tree XIX, 1 (pine) with many small vertical roots. — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 54. Koepuun XX, 1 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 54. The central part of the root system of sample tree XX, 1 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 55. Koepuun XXII, 1 (mänty) keskusjuuristo. — *Fig. 55. The central part of the root system of sample tree XXII, 1 (pine).*



Kuva 56. Koepuun XXIII, 1 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 56. The central part of the root system of sample tree XXIII, 1 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 57. Koepuun XXIV, 1 (mänty) keskusjuuristo altapäin katsottuna. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 57. The central part of the root system of sample tree XXIV, 1 (pine), seen from below. — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 58. Koepuun XXVII, 4 (mänty) keskusjuuristo. — Tyviläpimitta on 9.7 cm. — *Fig. 58. The central part of the root system of sample tree XXVII, 4 (pine). — The base diameter of the tree is 9.7 cm.*



Kuva 59. Koepuun XXVII, 6 (mänty) keskusjuuristo. — Tyviläpimitta on 9.3 cm. — *Fig. 59. The central part of the root system of sample tree XXVII, 6 (pine). — The base diameter of the tree is 9.3 cm.*



Kuva 60. Koepuiden XXXII, 1 (vasemmalla) ja XXXII, 3 (oikealla) keskusjuuristot, molemmat puut mäntyjä. — *Fig. 60. The central part of the root systems of sample trees XXXII, 1 (on the left) and XXXII, 3 (on the right), both pines.*



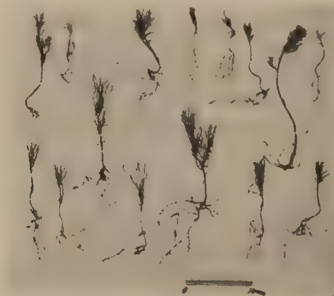
Kuva 61. Koepuun XXXII, 2 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvän kaulaimen pituus on 60 cm. — *Fig. 61. The central part of the root system of sample tree XXXII, 2 (pine). — The length of the calliper in the picture is 60 cm.*



Kuva 62. Koepuun XXXIII, 1 (mänty) keskusjuuristo. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 62. The central part of the root system of sample tree XXXIII, 1 (pine). — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 63. Kaksi yhteenkasvettunutta kuusen juurakkoa (Oulunkylä, lisäaineistoa, mainittu siv. 197). Toinen liitosjuurista hakattu poikki. — Kuvassa näkyvä mitta on 1 m. — *Fig. 63. Two bases of spruce, grown fast to each other. One of the binding roots is cut off. — The measure in the picture is 1 m.*



Kuva 64. Männyn taimia koealan XI lähettyviltä. — *Fig. 64. Pine seedlings near the sample plot XI.*



Kuva 65. Männyn taimia koealan XII lähettyviltä. — *Fig. 65. Pine seedlings near the sample plot XII.*



Kuva 66. Männyn taimia koealan XIII lähettyviltä. Mittakaava on 10 cm. — *Fig. 66. Pine seedlings near the sample plot XIII. The scale is 10 cm.*



Kuva 67. Männyn taimia koealan XIV lähettyviltä. Mittakaava on 10 cm. — *Fig. 67. Pine seedlings near the sample plot XIV. The scale is 10 cm.*



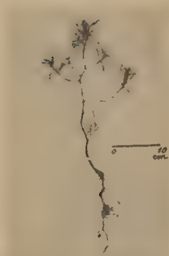
Kuva 68. Männyn taimi koealan XIV lähettyviltä. — *Fig. 68. A pine seedling near the sample plot XIV.*



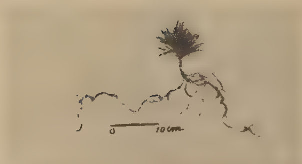
Kuva 69. Männyn taimia koealan XV lähettyviltä. Mittakaava on 10 cm. — *Fig. 69. Pine seedlings near the sample plot XV. The scale is 10 cm.*



Kuva 70. Männyn taimi koealan XXI lähettyviltä. — *Fig. 70. A pine seedling near the sample plot XXI.*



Kuva 71. Männyn taimi koealan XXIII lähettyviltä. — *Fig. 71. A pine seedling near the sample plot XXIII.*



Kuva 72. Männyn taimi koealan XXVI lähettyviltä. — *Fig. 72. A pine seedling near the sample plot XXVI.*



Kuva 73. Männyn taimia koealan XXVI lähettyviltä. — *Fig. 73. Pine seedlings near the sample plot XXVI.*



Kuva 74. Männyn taimia koealan XXVII lähettyviltä. — *Fig. 74. Pine seedlings near the sample plot XXVII.*

THE ROOT SYSTEM OF PINE *(PINUS SILVESTRIS)*

A MORPHOLOGICAL INVESTIGATION

SUMMARY

Contents.

Summary.

Introduction.

In spite of the fact that the knowledge of plant roots is undoubtedly important both from a scientific and a practical standpoint, investigations dealing with root systems of plants have only been made on rather a limited scale. Such investigations concerning the morphology of roots are especially rare. Isolated observations may be found abundantly in the botanical literature, but very few actual investigations have been made, probably owing to the great amount of work they involved. The digging and reproduction of root systems of trees are particularly difficult and consequently investigations concerning them are rare.

During the last two decades, however, the interest in root investigation has grown considerably. Moreover, the root systems of trees have been given more attention, although it must be admitted that forest science has a great field of work before it in this respect.

Early investigations.

In order to give an idea of the point which the investigation of roots has reached at present a brief synopsis is given below emphasising chiefly such investigations and observations as deal with the morphology of roots.

On page 3 a description by Th. Hartig is cited of the root system of pine (1851). We may presume that such a well-known writer as Hartig had compiled in his description everything that, from experience and scientific investigation, was considered certain at that time. About ten years later Nobbe (1862) pointed out how little was actually known even of the roots of cultivated plants excepting those cultivated for the parts growing below the surface. In this connection he introduces some noteworthy results of his experiments in the development of the root system of maize. The observations of von Binzer (1871), and Wagner (1871) are evidence of the attention given to the root question at that time, as is also the statement of Danckelmann which is cited on page 4. The publication of Nobbe (1875) is of interest, the results being based on actual experiments and dealing with the root systems of seedlings of pine (*Pinus silvestris*), Norway spruce (*Picea excelsa*), and silver fir (*Abies pectinata*). A fact worth noting was the manifold number of roots in pine seedlings as compared with spruce which again had twice as many roots as the silver fir. As far as the total length of the roots was concerned a similar difference was to be found.

The experiments of Ter-Sarkisov (1882) and M. Savitš (1882) the idea of which was taken from the investigation of Nobbe referred to above, dealt with the root

systems of seedlings of pine (*Pinus silvestris*), spruce (*Picea excelsa*) and Siberian fir (*Abies sibirica*). The former proved that the roots of 4 months old seedlings developed to a greater length, regardless of species, in sandy soil, next in clay soil and least in ordinary mould soil. Savitš raised seedlings in artificially prepared soil and observed that the number of roots and their length were considerably smaller in the finest prepared soil than in the coarser soils.

The observations of E. Mer (1880) are based on actual experiments made with a leguminous plant. The investigations of Reinke (1871), Klein and Szabó (1880), Schwarz (1883), and Berggren (1887) have little significance as far as this investigation is concerned, but they prove that considerable interest was taken in different quarters at that time in the field of root investigation.

Schwarz (1892) experimented with young pine seedlings in order to ascertain the effect of food solutions of different degrees of strength on the root systems. Among other things he was able to prove that the length of the roots decreased as the strength of the food solution increased.

Ramann (1892) investigated the nourishment conditions of different trees in a stand and came to the conclusion that the dominating trees contain more mineral matter than the subsidiary trees. According to this theory care should be taken in thinnings not to fell dominating trees, because the remaining trees are the outcome of an undeveloped root system and poor nourishment in a weak form.

Rimbach (1899) divides the roots of higher plants into four types according to some morphological and physiological qualities. The investigation of Freidenfelt (1902) deals primarily with the root systems of grass plants. He, too, distinguishes special root types. This investigation includes a very extensive list of publications.

The investigation of Büsgen (1901) which deals with the structure and the development of tree roots is significant. Among other things he mentions that the root systems of hardwoods have a finer structure than those of softwoods. Besides the number of roots developed by the hardwoods during one growing season is in regard to length for ahead of the softwoods. According to Büsgen the tree roots have two distinct growing periods, one in the spring and the other in the autumn. In summer the growth is slower.

Ototski (1899) proved by measurements that the ground water level in otherwise similar conditions is deeper in the forest than in the open field. — Vyisotski (1899) comes to same conclusion. He points out particularly that this phenomenon is due to the drying effect of tree roots. Moreover, according to Vyisotski, the living roots are of great importance in loosening the soil. It has also been established that the roots that penetrate deep into the soil use the channels of rotten roots and various animals. Vyisotski in another investigation (1906) described among other things the tree roots in Southern Russia. He dug out entire oak trees and described their root systems and made important observations.

An investigation of V. Savitš (1906) deals in part with the root system of pine. He dug out in the south-eastern part of Russia on sand dunes a few root systems of pine 5—20 years old. He proves that generally pines have a tap root and a horizontal root system close to the surface. Small variations are to be found in the root systems owing to the ground vegetation. He also noticed that the roots sometimes grew in a hollow decayed root.

Tolski also investigated in South-eastern Russia the root systems of pine and

published the results in 1904, 1905, 1907, and 1911. In addition, in two investigations in 1905 and 1913 he deals among other things with the root system of pine. The investigations of TOLSKI are based on fairly extensive material and are made with particular care. He came to the following main conclusions. 1) On good soils the total length of roots is smaller than on poor soils. 2) In the former case the roots going deep predominate, but in the latter case the superficial roots. 3) The main factor controlling the length of roots is moisture. 4) The depth of the horizontal roots is in direct relation to the moisture of the soil.

HITROVO (1908) and GOLOVJANKO (1909) investigated the root systems of pine seedlings. JAHONTOV (1909) elucidated the development of young forest under aged forest and came to the conclusion that the poor development of young forest was due to insufficiency of light. MELDER of Latvia investigated (1911) the development of second growth pine under seed trees on the dry heaths of Courland (a part of present Latvia). He proves that the manner in which the second growth appears with regard to the seed trees is due to the root competition of the latter.

The investigations of MÖLLER (1902 and 1903) refer to the development of roots of pine seedlings on different soils. A noticeable feature is the fact proved by experiments that raw humus is favourable to growth.

ENGLER (1903) investigated the growth of roots of different tree species and in this connection also paid some attention to entire root systems.

The investigation of ALBERT (1907) is worth mentioning. He tries to ascertain the causes of poor development of pine plantations on old cultivated fields and finds the reason to be the abnormality of the root system which was found to be too superficial. — ZIMMERMANN (1908), too, comes to a similar conclusion in elucidating the reason for the death of pine on the heath of Lüneburg. — ALBERT made more detailed investigations of pine root systems on the same heath and published his results in 1913. He proves that a great quantity of vertical roots indicates a vigorous root system; these roots have been found to develop especially, where there are ready made, deep root channels, in most cases the remains of hardwoods.

VON ALTEN (1909) investigated among other things the roots of some oak species and discovered variations in structure according to which he distinguishes between enriching roots (Bereicherungswurzeln) and feeding roots (Ernährungswurzeln).

BERKMANN (1913) investigated the effect of roots on soil structure excepting, however, tree roots. BURGER (1922), on the other hand, showed by his researches the important part played by tree roots in preparing a soil suitable for forest growth.

GEIST (1913 and 1921) observed that too deep a seeding or planting of pine seeds or seedlings retards the development of root systems.

In elucidating the effect of stump clearing, especially, ALBERT (1923, a and b) as well as HILF and LIESE (1923) dealt to some extent also with the root systems of trees.

LIESE, referred to above, was the first in Central Europe who investigated the root systems of trees as a special problem. His investigation dealing with the root system of pine was published in 1926. A considerable part of this investigation is devoted to the anatomical-physiological description of roots. The root systems of small seedlings are treated with particular care. As far as the mature trees are concerned the material is, however, rather limited. The author distinguishes between long roots (Lang- oder Triebwurzeln) and dwarf roots (Kurzwurzeln) mentioning,

however, that the distinction is not an absolutely sharp one. Some information is given as to the length of both vertical and horizontal roots. Besides the tap root some attention is also given to other vertical roots. The depth of the horizontal roots is found to differ according to the quality of the soil. The eccentric growth of roots close to the base of the tree is given attention. The observation according to which the increasing weight of the tree causes the base of the tree to sink deeper and with it also the roots, is worth mentioning.

The influence of root systems of different trees on the looseness of forest soil was elucidated by Albert and Penschuck (1926) with a special tool invented by Meyenburg. It was found that the soil was most compact in pine stands, red oak, larch and acacia coming next in order.

Wiedemann (1926) in his investigation dealing with the reproduction of pine devoted some attention, too, to the development of root systems in different conditions. He observes a difference in the root systems among trees grown under different light conditions. The thinnings also have been found to cause variations in root systems of trees.

Of the Anglo-American investigators Woodhead (1906) may be mentioned first, he having proved that certain plants thrive on the same place, because their root systems do not compete with each other, but grow in different layers of soil.

In the United States root investigations have been made very extensively. Their morphology in particular has been studied. In the first place Cannon (1911) may be mentioned who explained the root systems of over 200 plants growing in the deserts of Arizona. Among these were some bushes and woody plants. It was found that each family had distinctly separable root systems. The root system was said to be generalised, when both the tap root and the lateral roots were well developed, but specialised, when one or other of these root forms predominated. The former form of root system adapts itself to different conditions more easily and also helps the spreading to a greater extent than the latter. The form of root is an effective factor in the root competition. The deepest roots were found in the valley of a river, where among other things a *Populus* species had roots penetrating to a depth of 8 metres. In his publications special attention is given to the photography of roots.

Markle (1917) also investigated the root systems of desert plants in New Mexico. He proved among other things that root systems exist in different layers, a fact which reduces the root competition and makes it possible for several species to grow on the same place.

The extensive root investigations of Weaver (1919) comprise mainly grass plants on different soils and sites, among other places from the chaparrals of Nebraska, the prairies of Washington and Idaho, the plains and sandhills of Colorado and from the gravel-slides and half-gravel-slides of the Rocky Mountains. It was found that the moisture and structure of the soil had a considerable influence on the development of root systems. On the prairies, where the competition is extremely severe, the plants try to reduce this competition by adapting themselves to the conditions of the surrounding plants and forming several absorbing layers.

Waterman (1919) investigated the development of root systems on the sand dunes in Michigan emphasising particularly the relation of root systems to their surroundings. — Haasis (1921) published an investigation concerning the relation of the soil and the root system of western yellow pine (*Pinus ponderosa*) seedlings. A feature worth

mentioning is that the roots penetrating deepest were found on clay soil, where the surface layer dries out fairly easily. If a seedling wishes to survive under such conditions, it is compelled to make its roots penetrate rapidly and as deep as possible.

MOORE (1922, a) made experiments in order to explain the effect of humus and the alkality of the soil on the growth of seedlings of some species of trees paying attention in this connection also to the root system. The beneficial effect of humus was proved. The author came to the same conclusion, too, in an other investigation (1922, b). In this he explained particularly the relation of root systems to humus. On the investigated area, according to the author, 90 per cent of the absorbing roots were in the humus. In connection with this investigation general descriptions are given of root systems of different tree species.

WEAVER and CRIST (1922) investigated the adaptability of plant roots to the hardpan layers. — In connection with his other investigations ELLIOT (1924) devoted attention to the relation of the root system of corn to the ground water on peat lands.

In the Scandinavian countries little attention has been paid to root investigation. HESSELMAN (1910, 1917) in explaining the reproduction of pine on dry heaths in Northern Sweden, also made some observations regarding the root system of pine. Among other things he observed that the pine there had a shallower root system than in other parts of Sweden. WESTERLUND (1892) made similar observations in Northern Sweden and NORMAN (1901) and HEINTZE (1908) in Northern Norway. In connection with his soil investigations TAMM (1920) paid some attention to the adaptability of pine roots to the hardpan layers. — MELIN (1917) in investigating the vegetation of the moors in Northern Sweden, also made observations of pine root systems and thus found that the root systems on drained moors are considerably less extensive than on undrained moors. WIBECK (1923) investigated the effect of hatchet-planting on the root system of pine.

Of the Finnish investigators BLOMQVIST (1881, 1883) and CAJANDER (1916, 1917) who gave valuable descriptions of the root systems of different tree species should be mentioned to begin with. HEIKINHEIMO (1920) investigated the development of late-roots of spruce and made observations of the root system of larch (1926). — AALTONEN (1919, 1920 a) investigated particularly the form of the root systems of pine and the density of roots on the dry heaths of Lappi (Lapland). According to his investigations in these circumstances about half of the 1—1.5 m high pine seedlings have a tap root, in larger trees this is found to be rarer. The density of roots, under conditions otherwise similar, was smaller on a good type than on a poor one. AALTONEN further explains in an investigation published in 1923 the root competition by means of experiments with maize raised in vessels. — KOKKONEN (1923) investigated the root systems of moor-pines. He proved among other things that the ground water level controls the depth of vertical roots on moors, so that when close to a ditch they penetrate considerably deeper than at a distance from it. MULTAMÄKI (1923) also investigated the root systems of moor-pines and noticed that a poor, sour and moist peat favoured the development of long rope-like roots, whereas on better peats which are often drier at the same time, a root system develops which is more abundantly and evenly branched.

By no means all the literature cited above concerns tree roots. It has, however, been taken into consideration, because investigations concerning the roots of grass plants might also assist the methods of investigation. Besides, the relation of root

systems to the variations in the composition of soils might be the same, irrespective of its being a case of a grass plant or a tree.

Cultivated plants grow, however, in such different conditions to virgin forest that the literature dealing with their root systems has not as a rule been taken into consideration.

The character of the present investigation.

According to the investigations described above root systems may be examined from various angles. The anatomical, physiological, biological and technological investigation of roots still offers a great amount of work. Before entering successfully into these detailed fields the general form and structure as well as the extensions of roots in a horizontal, no less than a vertical direction, must be known. The morphology of tree roots is, however, still very poorly investigated. Thus there are good grounds for elucidating the main features, so to say, of the root systems of our most important tree species as they occur in the commonest localities. The author has investigated the root system of pine (*Pinus silvestris*), our commonest tree species, in this sense.

The investigation areas and dates.

All the investigated areas are south of 64° N. lat. (between 61° 40′—63° 35′ N. lat.). The material thus represents the southern half of the country which, according to investigations made earlier (Y. Ilvessalo and Lönnroth), may be considered a fairly uniform area. The investigated areas make up two groups of which the northern one includes the sample areas in the parishes of Säyneinen, Rautavaara and Pielisjärvi and the southern one the sample areas in the parishes of Orivesi, Teisko and Hämeenkyrö. The table on page 51 gives the number of sample plots by parishes, the province concerned and the year in which the observation was made.

Methods of investigation.

It is obvious that investigations like the present involve a considerable amount of mechanical work. Besides, the work proceeds very slowly and must be done very carefully. Two examples may be given. On sample plot XIX (two trees completely investigated) 10 labourers' days and 8 days of the author's own time were spent; sample plot XX (4 trees completely investigated and 2 trees partly) required 16 $^1/_2$ labourers' days and 9 $^1/_2$ days of the author's time. These sample plots were not particularly laborious and the work on them was helped by the experience gained during the two previous summers.

The employment of assistance on this work of examination is rather limited. Generally only two assistants could be employed at the same time. The results of the work of a greater number of men could not have been made use of especially as the author was not able to spend all his time on this investigation.

The work on the sample plots can conveniently be divided into four groups which will be considered in detail individually in the following.

DIGGING AND OTHER MECHANICAL WORK.

The digging out of root systems was done in the following manner. At first the surface soil close to the tree was removed. Thus the roots close to the surface were exposed. Then these roots were traced in various directions and care was taken not to cut the roots crossing these until it was fully established, whether they possibly belonged to the tree under examination or not. No single root was traced to its end uninterruptedly, but several roots were traced simultaneously in order to have a greater degree of security for their preservation, even in cases when the roots or their side-roots crossed each other. The side-roots were exposed as far as possible in the order in which they parted from the main root. In cases, when several trees standing close together were under examination, the work was started simultaneously at the base of each tree and proceeded towards the others. — The exposed roots remained on the ground, as if at the bottom of small ditches, in their natural position. At the base, however, owing to the density of the roots, the soil was removed altogether.

In exposing horizontal roots several different kinds of tools were used, beginning with a common shovel (fig. 55) which was first exchanged for a small mattock (fig. 52) and finally for a small spud (30 cm in length, fig. 45) as the work progressed and the roots became finer. Finally the work had to be done with bare hands. In stony soil it was necessary to use an iron bar as an assistant tool. To remove large-sized stones big wooden bars were used in addition. An axe was used to clear the ground of foreign roots and root systems. On moors the surface layer was removed with a large and sharp mattock.

When the roots close or fairly close to the surface had been exposed in the way explained above and measured by a method explained later, some of the horizontal roots were cut off in order to facilitate digging deeper. The horizontal roots lying deeper were then exposed, described and measured. At this point it was best, for the sake of safety, to fell the tree under examination. The digging could then be continued until the whole root system was free. This part of the work was generally of a very slow nature, mainly because it was very often almost impossible to get even the smallest tool to fit between the numerous roots. If the tree under examination was a big one, the shovelling work, too, was considerable. The hole had to be dug at least large enough to enable the man to work in it with a tool, and on sandy soil it was necessary to make this hole even larger owing to the danger of caving in.

When the root system was free, it was either lifted or taken out with the help of bars to be photographed. Before doing so, however, the necessary measurements were taken.

The scattered vertical roots were taken out after the horizontal root system had been completely examined.

The above description of the digging process concerns more particularly trees which are already of a fairly large size.

THE REPRODUCTION OF ROOT SYSTEMS.

The reproduction of the object under examination is particularly important in root investigation. A complete understanding of a root system can be obtained only through a reproduction. Most of the root investigators are agreed on this point.

In the present investigation considerable attention has been paid to this question. According to circumstances the root systems have been either mapped, drawn or photographed.

Mapping was found to be the most useful method of reproducing the horizontal root systems. Thus a much reduced picture (mostly on a scale 1 : 50) of the root system was drawn from above, and thus the roots became projected on to a horizontal plane. For mapping purposes the area of the root system, generally even somewhat larger, was divided into squares, either of a size of 1 sq. metre or 4 sq. metres depending upon the density of the root system concerned. The squares were indicated by sticks of wood placed in the corners. In two cases the mapping was done by using the points of the compass and a measuring tape.

The map was drawn on millimetre paper in most cases on a scale 1 : 50. — Generally the thickness of the roots could not be taken into account on the maps and consequently all roots were drawn with lines of the same width. Only in one case (map No. 20), where the original scale was 1 : 20, the thickness of the roots was taken into consideration to some extent.

In order to complete the map a more detailed picture was often drawn of the middle part of the root system (originally on a scale 1 : 10). This picture in which the thickness of the roots was also taken into consideration, comprises a circular area, the radius of which was in most cases 1 m and sometimes 1.5 m, and the central point in the centre of the stump (see, for instance, fig. 13). The use of this kind of a central circle was necessary in the first instance, because it was extremely difficult in the field to draw a dense central root system on the ordinary root map scale. This part was very often left generalised and completed indoors by the use of a central circle. Another reason for this was that it was considered necessary to get a more natural picture of that part of the root system, where the variations in the thickness of the roots are most noticeable.

Although the mapping of the horizontal root system is the most natural method, only Cannon and Tolski of the earlier root investigators used it in their investigations (Tolski only in the later ones). The author only became acquainted with the publications of these investigators, when the method described had been in use for a long time.

At convenient opportunities horizontal roots were also photographed (e.g. fig. 28, 32 and 37). In some cases the picture is taken from the tree at a height of a few metres (fig. 37). In order to make the roots more distinct on the picture they were either chalked or the bark was peeled off at the top. Pictures of this kind are very suitable in completing the idea given by a map which is always schematic to some extent.

To demonstrate the vertical root system photography has been used extensively in this study. Otherwise it is often very difficult to get a clear conception of a many-branched and complicated root system. It should be noted, though, that a suitable background is essential. A white cloth was used for this purpose most frequently, against which the roots show up very clearly.

In addition to photography freehand drawing was used in this investigation to illustrate the vertical root systems. In some cases the results may be even better than a photograph, for the draughtsman is compelled to make his drawing conventional to some extent, while in a photograph on the other hand, some of the minor details may cause trouble by covering the main features.

MEASUREMENTS.

In spite of the fact that the reproduction of the root systems from the standpoint of this investigation must be considered very important, the measurements are, of course, of great significance, for it is impossible by reproduction (mapping and photographing) to indicate all the root relations which should be given attention. Such are the thickness of roots and the depth from the surface. On these points the measurements have been mainly concentrated. To note the measurements systematically the roots were numbered both in the field and on the map. One of the roots starting from the base of the tree was marked, for instance, No. 8. The side-roots of this one 8a, 8b, 8c, etc. The side-roots of 8 b, for instance, were marked 8b1, 8b2, 8b3, etc. The side-roots of 8b3 again were marked 8b3a, 8b3b, 8b3c, etc.

The thickness of the roots (both horizontal and vertical diameter in case there was a difference) and their depth (the distance from the top of the root to the surface) were measured at first at the base of the tree, then at a distance of $^1/_2$ metre and 1 metre and after this at intervals of 2 metres (i. e. at distances of 3, 5, 7 metres etc.). In measuring small trees, however, a 1 metre interval was maintained throughout. The reason for a more exact measurement of the part of a root close to the base of the tree is chiefly its variable shape and the importance of the cubic content. For the diameter measurements a calliper was used with a millimetre scale. Small dimensions for which the calliper was not accurate, were measured by a flexible tape. All the thickness measurements are taken with an accuracy of one millimetre. The distance between the different measurement points was measured with the tape referred to which was also used in measuring the depth of the roots. These last measurements were taken with an accuracy of half a centimetre. The depth measurements caused some difficulty particularly close to the base, where the surface layer was entirely removed. The surface was therefore marked at the base of the tree in the bark already before the digging work was started. In addition several poles were placed at a distance of 1 or 1.5 metres from the base in which also the plane of the surface was marked. Care was taken during the digging not to remove them in any way. With their use and the mark in the bark of the stem it was in most cases possible to determine the depth of roots. The measuring of the roots close to the surface was generally done first. This was fairly easy, because the surface had not yet been much disturbed. The measuring of roots dug out later was more difficult, but the positions of roots measured previously and the poles already mentioned were used as a help. — The measuring of the depth of roots on moors was more difficult than on heaths. So much peat had to be removed even for the digging of one root in this case that after a short time of digging no original surface dirt was left. The depth measurements on moors are therefore of a more approximate character.

For the vertical roots measurements similar to those of horizontal roots were made. The depth measurements particularly were considered important. Owing to the numerous branches the systematic measuring of the thickness often gave trouble.

GENERAL DATA.

To begin with it should be mentioned that in connection with the measurements other observations regarding the root systems were also made, such as notes of the ending of roots, growth habits etc.

Of other notes the ones dealing with the parts above the surface are given consideration first. It is natural that the development of root systems should be closely related to the development of the stem and the crown. Investigations concerning root systems are thus almost worthless, if it is not known to what kind of a tree the particular root system belongs.

Thus, whenever possible, exact measurements were made of the parts above the ground line. Generally the stem measurements were so placed that the calculation of the cubic contents was convenient. According to the size of the tree the distances between measurements were 2 m, 1 m and even less in some cases. The starting point of the crown was noted and in addition a crown projection was in most cases drawn. In order to illustrate the condition of the tree, the last ten years' height increments were measured. In addition notes were made of the general condition of the tree and its position in the stand.

Observations were also made of the position of the surrounding trees. In most cases the position of all trees standing within the borders of the root system of the tree under examination was mapped and often an even more extended area was taken into consideration. On the map trees were marked, using a 5 cm interval in the breast height diameter classification. On some of the sample plots all crowns were projected besides.

Notes of the general condition of the stand were made on all sample plots.

It is of the utmost importance that the investigated areas are comparable as to their productivity. CAJANDERS' forest types have been found to be a trustworthy classification of forest lands. Besides CAJANDER himself several other Finnish research workers have fully proved this to be the case and the largest part of our research work in forestry has been based on forest types to the extent that the classification of forest land is based on them. Thus it is evident that the classification in question in this investigation has also been made with the help of forest types. As the type is mainly determined according to the surface vegetation, it is evident that the making of a list of plants on the sample plots is an important feature. In determining the abundance of the various plants NORRLINS' classification (cf. CAJANDER 1916) was used.

The soil was specified on each sample plot, which was fairly easy, as the sides of the holes generally gave a pretty good profile. Numerous measurements of surface layers were made.

Observation of the topography was made and also of the height of the place above sea or moor level. The level of the ground water was also observed as far as possible.

ACCURACY OF THE DIGGING WORK.

Before submitting the material it will help to make things clearer, if a few words are said about the accuracy of the digging work, because on that depends, at least to some extent, how much weight can be attached to this material.

Generally it may be stated that a sincere effort was made to dig out the root systems as completely as possible and also to reproduce and describe them as nearly as possible in their natural condition. It is, however, evident that an absolute degree of accuracy could not be attained. All roots could not be followed to the end even with the best efforts and consequently a part of the small fine side-roots was lost. It happened

very seldom, however, that a root 1 cm in diameter was entirely lost, so that its continuation could not be found. Such roots, as well as the cut-offs of less importance, have been marked on the maps by placing a cross line at the end of the root line.

It has already been mentioned that digging in stony soil is more difficult than in sandy soil. Thus it is quite possible that the measurements made on stony soils are not quite as exact as those on easier soils. In any case, however, the difference is not very great, because the digging on stony soils was done with particular care.

The smallest windings of the roots are not seen on the maps, because their exact imitation would have taken comparatively too much time. The root systems on the maps are, therefore, to some extent smoother than they are in reality. It is also possible that the larger squares make the picture a little more schematic than the use of small squares.

Naturally, the accuracy of the work is affected by the qualifications of the helpers. It may be mentioned, first, that the author himself took part in ample measure in the digging work partly in order to ensure satisfactory progress in the work and partly in order to become acquainted with the working methods. The helpers were suitable persons with school education, especially when the author was not able to take part in the work continuously. At other times trained and reliable workers were employed.

As far as two of the sample plots are concerned the work was purposely done rather roughly and only the main roots were given attention.

The material.

In the following pages the sample plots will be described in the same order in which they were examined in the field.

Seeing that the tables giving the results of the sample trees are provided with headings in English the descriptions of the sample plots in this summary will be brief. Attention is drawn especially to the tables on pages 202—204 in which all the most important results of measurements are given of those sample trees which were examined to a considerable extent. The table on pages 198—201 again shows the surface vegetation of sample plots.

Sample plot I.

Forest type: *Calluna* type. Stand: Comparatively well growing, fairly dense, about 25 year old pine second growth. Soil: Humus 2—4 cm, washed white sand layer (horizon $A_{1,2}$[1]) 4—8 cm, red-brownish sand 20—30 cm, light coloured sand of finer texture than the surface layers.

Sample tree No. 1. Owing to the fact that the sample plot was the first one to be examined and the examining methods were still undeveloped, the measuring results are not quite comparable with those obtained at a later date. — The second table on page 65 represents the results of measurements of 12 main horizontal roots. Besides sample tree No. 1 a general examination was made of a couple of trees standing close

[1] For the sake of brevity the washed, light coloured soil layer is marked in the following by *horizon* $A_{1,2}$. In the scientific literature concerning soil horizon A_0 commonly indicates humus layer, horizon A_1 indicates the higher part of the washed layer and horizon A_2 the lower part of the same layer. As the layers A_1 and A_2 are not measured separately, they are marked together briefly by horizon $A_{1,2}$.

to it. The root systems of these were in the main similar to that of the sample tree.

Sample plot II.

Forest type: *Calluna* type. Stand: About 40 year old uneven pine stand. Average height of the trees 4—8 m. Soil: Humus 1.5—2 cm, horizon $A_{1,2}$ 2—4 cm, brown sand 20 cm, then to a depth of quite one metre layers of sand of varying thickness and colour, under this a hard stony gravel, stones rounded. The ground water level at a depth of 175—190 cm.

Sample tree No. 1, pine, dominant tree growing alone. Crown rather scraggy and of pale colour. The root system dug out entirely. 13 of the main horizontal roots measured, results in the first table on page 68 and in the second table on the same page there are more detailed results of three of the roots. No tap root was to be found nor any other indication of a vertical root. See map No. 1. — *Sample tree No. 2*, pine, growing in a group, a very well built dominant tree. Diameter of the crown 2.50 m. The root system dug out entirely. 24 of the main horizontal roots were measured by using systematic intervals. Results on page 70. Details of three of the roots in the table on page 71. No regular tap root, but three sturdy deep roots were found close to the base. See fig. 1. The horizontal root system is on map No. 1. — *Sample tree No. 3*, pine, growing in a group, a fresh dominant tree. Diameter of crown 1.60 m. Root system dug out entirely. 5 of the main horizontal roots were measured. Results on page 72 in the second table. No vertical root system was to be found. See fig. No. 2. The horizontal root system on map No. 1. — *Sample tree No. 4*, pine, growing in a group, a fresh dominant tree. Diam. of crown 2.60 m. The entire root system was examined. 17 horizontal roots departing from the base measured. Results in the tables on pages 73 and 74. A short tapering tap root reaching a depth of 55 cm. The horizontal root system on map No. 1. — *Sample tree No. 5*, pine, diseased, depressed by an other tree. The entire root system dug out. The tap root forked already at a depth of 15 cm and continued to grow as horizontal roots. — *Sample tree No. 6*, pine, a dominant tree. Only one 11 m long horizontal root was dug out. — *Sample tree No. 7*, pine, a fresh dominant tree. Diameter of crown 2.80 m. The entire root system examined. 17 main horizontal roots measured. Results of 10 in the table on page 75. Fig. 3 shows the vertical root system close to the base. Other vertical roots were also found. One was dug out at a distance of 6.5 m from the base and another at a distance of 4 m. Fig. 28 shows the horizontal root system. Some of the ends of the vertical roots had a peculiar shape being fan-shaped. See fig. 29. — *Sample tree No. 8*, pine, rather a weak dominant tree. Root system only partially examined. Results of 5 main horizontal roots on page 77. A vertical root 5 mm in diameter (starting 70 cm from the base) which reached a depth of 220 cm is worth noting. — *Sample tree No. 9*, pine, a weak dominant tree. Root system examined only partly. Results of three main horizontal roots on page 79. — *Sample tree No. 10*, pine, a weak looking seedling growing in the open. Root system examined completely. The tap root turned in a horizontal direction already at a depth of 10 cm. — *Sample tree No. 11*, Similar to the previous one. The tap root penetrated to a depth of 30 cm.

Sample plot III.

Forest type: *Calluna* type. Stand: About 150 year old pine stand. Height increment of the trees ceased and most of them were damaged by fire on the southern side. Average height 16 m. Average diameter 22 cm at 1.3 m height. Soil: Humus

1—2 cm, horizon A $_{1,2}$ 5—15 cm, brown sand 20—45 cm, a light coloured sand layer 110—175 cm; dense gravel containing small stones begins at a depth of 160—235 cm. The ground water level was found at a depth of 270 cm.

Sample tree No. 1, pine, a dominant tree with a normal crown. Diameter of crown 3.50 m. Root system otherwise entirely investigated except 1/3 of the horizontal roots. 21 of the horizontal roots systematically measured. Results in the tables on pages 81 and 82; the tables also contain some results of the roots which were dug out only at the base. The second table on page 82 gives the detailed results of three of the most prominent main horizontal roots. The horizontal root system is to be seen on map No. 2. Map No. 3 is a schematic one showing the points, where the roots of this sample tree and three other trees had grown together. The vertical root system was well developed reaching the ground water. See fig. 4, 5 and 6. — *Sample tree No. 2*, pine, dominant tree, diameter at breast height 19.0 cm. Root system only partly investigated. Of the horizontal roots one was dug out entirely. Measurements in the first table on page 85. In the second table on the same page are the base diameters of the most important horizontal roots. Fig. 30 gives a good conception of the vertical root system. — *Sample tree No. 3*, pine, a dead tree which had previously been a dominant tree. Diameter at 1.3 m height 21.5 cm without bark (the bark had fallen off). Root system only partly investigated. The base diameters of the most important horizontal roots are given in the fourth paragraph on page 86 (horiz. × vert.). Several of the horizontal roots had intergrown with the roots of sample tree No. 1 and were therefore still partially alive although the tree itself had been dead for years. See map No. 3. On the map the numbers 3, 4, 5, 6, 7 and 8 indicate the places, where the roots of this tree (lower on the map) and the roots of sample tree No. 1 were intergrown. — The tap root and other vertical roots, too, close to the base well developed. See fig. 31.

Sample plot IV.

Forest type: *Vaccinium* type. Stand: Dense, slender, 85 year old pine stand mixed with a little birch. Average height about 10—13 m. Average diameter at 1.3 m height 14 cm. Soil: Stony moraine. Humus 2—3 cm, horizon A $_{1,2}$ 3—10 cm. At a depth of 60—65 cm a gray, clay-like layer starts containing fewer stones. Stones angular. The sample plot is about 1 m above the adjacent moor level.

Sample tree No. 1, pine, depressed by a neighbouring tree, but still with a healthy crown. Diameter of crown 1 m. Root system entirely investigated. Results of 5 of the most important horizontal roots in the table on page 88. Horizontal root system on map No. 4. No vertical root system. — *Sample tree No. 2*, pine, a dominant tree. Diameter of crown 1.75 m. Root system dug out entirely. Results of 9 horizontal roots in the second table on page 89. See map No. 4 and fig. 32. The vertical root system is to be seen in fig. 33. — *Sample tree No. 3*, pine, tree growing in a dense group. Diameter of crown 1 m. Root system entirely investigated. Results of the most important horizontal roots in the table on page 91. See map No. 4. Vertical root system weak.

Sample plot V.

Forest type: *Vaccinium* type. Stand: A dense, slender 95 year old pine stand mixed with a little birch. Average height approximately 14 m, breast height diameter 15 cm. Soil: Almost the same as on the previous sample plot, humus, however, is thinner and rock is found at a depth of 0.80—1 m.

Sample tree No. 1, pine, a normal dominant tree. Diameter of crown 2.70 m. Root system entirely investigated. Results of the most important horizontal roots in the table on page 93. Fig. 34 gives a conception of the central vertical root system. Other vertical roots were also found.

Sample plot VI.

Forest type: *Myrtillus* type. Stand: A fairly light pine stand about 45 years old, mixed with birch and alder. Trees with broad branches and bad-looking crowns. Soil: Humus 4—5 cm under which a dense layer of clay of a reddish colour (10 cm) changing into a yellowish (appr. 6 cm) and finally into a light grey colour.

Sample tree No. 1, pine, well growing, wide branched tree with a forked crown. The tree was felled during the summer previous to the one in which the investigation was made and thus the length and the diameter at 6 m height (determined according to the top left in the woods), but especially the cubic contents, are approximate figures. Root system entirely investigated. The second table on page 95 gives particulars of 9 roots departing from the base. The first table on the following page refers to the roots which are branches of the previous ones, but have their origin close to the base. The second table on page 96 represents the detailed results of measurements of some of the roots. — No vertical root system was found. See fig. 35. The horizontal root system, however, was very dense to a distance of 1.5 m from the base. Compare with fig. 35 and 36. — *Sample trees Nos. 2, 3 and 4*, pines, situated close to the previous one. Of these trees only the vertical root systems were examined. Only one of these had a very branching stub resembling a tap root and penetrating to a depth of 0.5 m. — *Sample tree No. 5*, pine, growing on a higher elevation than sample tree No. 1. Root system was examined only partly. Results of the horizontal roots are to be found on page 98. The length of roots is indicated only when the roots were followed to the end. The vertical root system was exceptionally well developed. Within the central circle (radius 1 m) there were 7 vertical roots; besides the tree had a tap root. This penetrated to a depth of at least 0.5 m. Its total length was not examined. — *Sample trees Nos. 6 and 7*, small spruces belonging to undergrowth. Measurements of the horizontal roots on page 100.

Sample plot VII.

Forest type: *Calluna* type. Stand: Here and there pines with wide branches, remnants from fire, underneath a light pine second growth. — Soil: Humus 1.5 cm, horizon $A_{1,2}$ 2—4 cm, brown sand 50 cm and underneath fine light-coloured sand. About 1.5 m below the surface a brown layer was found about 5 cm thick, to some extent hardened. — The surface slopes in a south-easterly direction towards a small moor.

Sample tree No. 1, pine, wide crown (compare with map No. 5), height increment ceased. Root system only partially investigated. 13 horizontal roots of which 4 were main roots, were measured at regular intervals. Some particulars are to be found in the table on page 102. The table on page 103 shows the complete measurements of the longest root. This was also the longest root measured in connection with this investigation. See map No. 5. — The tree had a sturdy tap root which, however, was not followed to any considerable depth. Two thick vertical roots were also observed close to the base. In addition several vertical roots were observed at greater distances from the base of the tree. One of these was followed to a depth of 165 cm. The

ground water level was found at a depth of 160 cm. — *Sample tree No. 2*, pine, a small tree situated at a distance of 1 m from tree No. 1. The tree had been dead for a considerable time. Base diameter 5.2 cm. The roots of the tree had intergrown very strongly with two roots of the big sample tree. Owing to this the root system was still alive.

Sample plot VIII.

Forest type: *Vaccinium* type. Stand: A beautiful fully stocked 37 year old pine stand, mixed with some birch and alder, light spruce undergrowth. Soil: Stony moraine.

Sample tree No. 1, pine, healthy dominant tree. Diameter of crown in direction N—S 2.20 m and in direction W—E 3.30 m. Of the horizontal roots three were fully investigated. Results of these in the first table on page 105. The rest of the horizontal roots were investigated only to a distance of 1 m from the base. The measurements of these roots at this distance are given in the second table on page 105. Of the vertical root system the tap root should be mentioned reaching to a depth of 1 m at which point it was forked into numerous fine branches. In addition, several other vertical roots started close to the base. — *Sample tree No. 2*, pine, dominant tree. Diameter of crown in direction N—S 2.40 m and in direction W—E 2.60 m. Root system investigated in the same manner as the previous one. Results of the entirely dug roots in the second table on page 106 and of others, measured at a distance of 1 m from the base, in the first table on page 107. The vertical root system is very reminiscent of the corresponding part of sample tree No. 1. — *Sample tree No. 3*, spruce, belonging to the undergrowth. Base diameter 2.1 cm. Diameter of crown in direction N—S 1.80 m and in direction W—E 1.50 m. Horizontal roots were all investigated. No noticeable vertical roots were found. — *Sample tree No. 4*, spruce, belonging to the undergrowth. Diameter of crown in direction N—S 1.70 m and in direction W—E 1.90 m. Two of the horizontal roots were investigated completely. Results in the first table on page 108. The other roots were investigated only to a distance of 1 m from the base. Results of their measurements in the second table on page 108.

Sample plot IX.

Forest type: *Myrtillus* type. Stand: Excellent 70 year old pine stand mixed with birch and some spruce, spruce undergrowth abundant. Soil: Stony moraine.

Sample tree No. 1, pine, a grand dominant tree. Diameter in direction N—S 4.50 m; W—E 4 m. Of the main horizontal roots four were dug out entirely. Results of these in the second table on page 109. The other roots were dug only to a distance of 1 m from the base. Measurements of these roots in the first table on page 110. The sample tree had a plain tap root which at a depth of 80 cm divided into several parts penetrating to a depth of 115 cm. In addition some vertical roots start at points close to the base, which, however, change into a broom-like shape and do not penetrate very deep. — *Sample tree No. 2*, birch, depressed by surrounding trees, a slender individual. Diameter of crown 2—2.30 m. Four of the main horizontal roots were dug out wholly (first table on page 111), the others were investigated only to a distance of 1 m from the base. The diameters at this point were 3 mm and 1 mm and the depths 16 and 7 cm respectively. No noticeable vertical roots were found. — *Sample tree No. 3*, spruce, a fairly freely developed tree belonging to undergrowth. Diameter of crown 2—3 m. Four of the main horizontal roots were fully examined (first table on page 112). The rest of the roots were dug only to a distance of 1 m. (second

table on page 112). No vertical roots. — *Sample tree No. 4*, an undergrowth spruce of weak growth. Diameter of crown 1.80—2 m. The root system was dug out entirely. — No noticeable vertical roots were to be found. — *Sample tree No. 5*, spruce, similar to the previous one. Diameter of crown 1.60—1.75 m. No vertical roots.

S a m p l e p l o t X.

F o r e s t t y p e: *Vaccinium* type. S o i l: Fine stoneless, light coloured sand. The root systems of four previously felled trees were partially dug out on the edge of a sand pit. Observations were made concerning the intergrown parts of the roots and also of the depth of vertical roots.

Sample trees Nos 1 and 2, pines, diameters at the base 20 and 17 cm. Distance between the trees 1.20 m. A part of the horizontal root system is drawn on map. No. 6. The intergrown parts should be noticed. The tap root of tree No. 2 was followed to a depth of 145 cm at which point the diameter was still 5 mm. — *Sample trees Nos. 3 and 4*, pines, diameters at the base 16 and 20 cm respectively. The distance between the trees was 60 cm. Three of the roots growing against each other are rather firmly intergrown. The roots continue their growth after the point of intersection is passed. Underneath the base of tree No. 4 two sturdy roots begin to grow downwards. The roots divide into several branches which were followed to a depth of 1.5 m. and still the ends could not be reached.

S a m p l e p l o t X I.

F o r e s t t y p e: *Vaccinium* type. S t a n d: A fairly even 110 year old pine stand. The height of dominant trees 17—20 m. Light undergrowth of spruce. Here and there poorly developed birches. Map No. 8 gives the position of the trees on the sample plot. S o i l: Humus 2—4 cm, horizon $A_{1,2}$ 3—10 cm, the brown layer 10 cm, and then a light clay-coloured layer. In all layers abundant stones of different sizes and generally angular (compare fig. 38). The sand substance of moraine of rather fine structure.

Sample tree No. 1, pine, a beautiful dominant tree. In regard to the crown compare with map No. 8. The root system investigated fully. 44 lateral roots were measured at regular intervals. Of these 24 started at the base of the tree. Results of the most important ones in the table on page 115. The table on page 116 shows the complete measurements of some of them. The horizontal root system is reproduced on map No. 7. The character of the vertical roots is to be seen in fig. 38. — *Sample tree No. 2*, spruce, grown in the shade and belonging to the undergrowth (compare with map No. 8). The entire root system dug out. Measurements at regular intervals were taken of 8 roots of which 5 started at the base of the tree. Particulars of some of the measurements of the roots are to be found in the second table on page 117. The horizontal root system is to be seen on map No. 7. No noticeable vertical roots were found. — *Sample tree No. 3*, a small spruce of undergrowth (compare with map No. 8). The entire root system was investigated (see map No. 7). Regular measurements were made of only two roots. The total cubic contents of these was over half the entire cubic contents of the stem. The vertical root system was represented by a short stub-like root, some kind of a remnant of a tap root which penetrated to a depth of 15 cm. Another root going in an oblique direction was also observed. — *Sample trees Nos. 4, 5 and 6*, small-sized spruces of undergrowth (compare with map No. 8). The root system of the two first dug out completely and of the third only partially. The horizontal root systems are on map No. 7. The sample tree No. 4 had a fairly sturdy

vertical root penetrating to a depth of 30 cm and departing from a horizontal root close to the base. — *Sample tree No. 7*, pine, with a narrow crown (compare with map No. 8). Diameter at 1.3 m height 5.5 cm. Height 9.4 m and age 108 years. Only one horizontal root was dug out. Its diameter at the base 20 mm, at a distance of 1 m 6 mm, and at the three metre point 1 mm. The total length was 4.0 m and the average depth 4.8 cm. — *Sample tree No. 8*, birch, a rather diseased looking undergrowth specimen. The crown projection is to be seen on map No. 8. The age could not be determined exactly owing to the narrow annual rings and their indistinctness. In any case, however, it was over 100 year old. The root system was investigated only partially. Three horizontal roots departing from the base were dug out completely (not all the side roots, however, were examined), and two only from the base side (compare with map No. 7). Nine roots including the side roots were measured at regular intervals. Results of the most important ones in the first table on page 120. The diameters of the longest root are in the second table on the same page. — *Sample tree No. 9*, pine, a dominant tree with a crown which had ceased growing. Situated outside the area of map No. 8. Breast height diameter 36 cm. A boring at the same height indicated 202 annual rings. Diameter of crown 4.10—4.70 m. The root system was examined only partly. Details of three of the horizontal roots in the first table on page 121. Root No. 1 was broken at the 4 m measuring point, being at that point 6 mm, and root No. 3 was broken also at 5 m, the diameter being 10 mm. — *Sample tree No. 10*, pine, a poorly growing tree, situated under the crown of the previous one. Four of the horizontal roots were examined, their results being given in the table on page 122. — *Sample trees Nos. 11, 12, 13, 14, 15, 16 and 17*, pines, situated close to the previous sample trees, poorly growing specimens. Height of the trees 4.9, 3.6, 3.2, 2.5, 2.2, 1.3 and 0.8 m. The breast height diameters of the five first 3.0, 2.5, 2.5, 2.0 and 1.5 cm respectively, and the base diameters of the last two 1.5 and 2.0 cm. Only the vertical root systems were examined. It was proved that three of the specimens had a tap root, penetrating distinctly straight downward, two had a tap root growing considerably to one side, and the two last had the tap root forking right at the base. Fig. 7, 8 and 9 represent one of each kind. — *Sample tree No. 18*, spruce, height 82 cm, a specimen belonging to the undergrowth. Observations were made with regard to the vertical root system. A vertical root departing from a horizontal root about 20 cm from the base of the tree reached a depth of 15 cm, at which point it was divided into several branches growing in a horizontal direction.

Sample plot XI a.

About 50 m south-east of the sample plot mentioned above all the trees on a considerable area had been destroyed by a storm in October, 1921. In addition several individual trees in the vicinity had fallen. The best stems had been removed. Before the storm the conditions had probably been the same as on sample plot No. XI. Some of the best preserved root systems were subjected to examination. The root systems were cleaned, dug out and photographed. 27 trees were examined. Results of their measurements are to be found in the second table on page 122. The number of annual rings as counted on the stumps varied from 91 to 110. Six of the photographs of the examined trees are reproduced, namely fig. 39, 40, 41, 42, 43 and 44. Details of these trees in the table on page 123.

Sample plot XII.

Forest type: *Oxalis-Myrtillus* type. Stand: A rather dense, luxuriantly

growing, about 13—16 year old pine stand arisen on an area burned for cropping purposes. Height of the dominant trees 5 to 7 m. Here and there small spruces about 1 m high. Soil: Moraine, rich in stones. Stones angular. The sand of rather fine texture. Humus 5 cm.

Sample tree No. 1, pine, a well-growing dominant tree. The root system completely examined. Measurements at regular intervals were made of 17 horizontal roots of which 13 started at the base. The first table on page 125 gives the results of the most important ones. As a continuation of the stem downwards the tree had a distinct tap root penetrating to a depth of 132 cm (compare with fig. 45). — *Sample tree No. 2*, pine, shaded to some extent by the neighbouring trees. The roots examined completely. Measurements at regular intervals were made for 7 horizontal roots of which five started at the base. Results of these in the table on page 126. A distinct tap root reached a depth of 45 cm. — *Sample tree No. 3*, pine, a specimen 1.45 m high and depressed by the neighbouring trees. A beautiful carrot-shaped tap root reached a depth of 40 cm without branching. — *Sample tree No. 4*, pine, a luxuriant dominant tree. Breast height diameter 12.0 cm. Only one horizontal root was examined. Its base diameter was 30 mm, length 5 m and its average depth according to seven measurements 10.6 cm. — *Sample tree No. 5*, pine, a healthy dominant tree. Diameter at breast height 8.0 cm. As a continuation of the stem there was a sturdy tap root which at a depth of 30 cm from the surface divided into three branches which again penetrated to a depth of at least 80 cm. Fairly sturdy horizontal roots still departed from the tap root at a depth of 50 cm. — *Sample tree No. 6*, pine, partly shaded by neighbouring trees. Breast height diameter 5.6 cm. As a continuation of the stem a straight undivided tap root penetrated to a depth of 120 cm. Horizontal roots still departed at a depth of 60 cm. — *Sample tree No. 7*, pine, healthy dominant tree. Breast height diameter 11.5 cm. From one of the horizontal roots, at a depth of 20 cm, a sturdy vertical root departed with a base diameter of 35 mm. This root reached a depth of 125 cm. — *Sample trees Nos. 8 to 14*, spruces, vigorous undergrowth trees. Height varying from 0.85 to 1.72 m. Two of them had a sturdy tap root which reached a depth of 30 cm in one case, and a depth of 65 cm in the other. One had no vertical root at all at the base. The others had a thin remnant of a tap root penetrating in an oblique direction, but which may have penetrated to a depth of even 40 cm.

Sample plot XIII.

Forest type: *Calluna* type. Stand: Here and there dominant pine trees saved from fire. Good pine second growth and in places even a more developed understand. Soil: Moraine, rich in stones. The edges of stones somewhat rounded and occurring more abundantly in the deeper layers. The fine soil material comparable with fine sand. Humus 1—2 cm.

Sample tree No. 1, pine, standing alone, height increment ceased. Diameter of crown 3.60—5.75 m. Of the horizontal root system a part (about $^1/_3$) was investigated only to a distance of 1.5 m from the base. Measurements were made for 57 horizontal roots of which 19 started at the base of the tree or close to it (see map No. 9). Results of the most important ones in the first table on page 129. In addition the three first measurements were taken of 15 partly dug roots. Of these roots 10 started at the base. Results referring to some of these are to be found in the second table on page 129. Fig. 46 gives a conception of the vertical root system. — *Sample tree No. 2*, pine, a fairly healthy looking, freely developed tree damaged by fire at the base. Diameter

of crown 2.80—4 m. The root system investigated fully. 26 of the horizontal roots were measured at regular intervals; of these 13 started at the base of the tree. Results of the most important ones in the second table on page 131. In the beginning the tap root penetrates down to a depth of 40 cm at which point it turns and becomes a horizontal root (compare fig. 47). — *Sample tree No. 3*, pine, vigorous, freely developed seedling. Diameter of crown 0.70—1 m. The root system investigated completely. The tap root penetrates down to a depth of 35 cm at which point it divides into two parts both of which continue to grow as horizontal roots. — *Sample tree No. 4*, pine, a seedling similar to the previous one. Diameter of crown 0.75—1.20 m. The root system investigated fully. The tap root grew at first in a vertical direction, but turned after a while and became horizontal already at a depth of 21 cm, dividing at the same time into two parts. — *Sample trees Nos. 5 and 6*, pines, slowly developed seedlings standing near each other. The root systems dug out completely. The total length of horizontal roots for the former was 7.1 m and for the latter 2.7 m. Regular depth measurements of the horizontal roots were not made, but it was observed that sample tree No. 5 still had lateral roots at a depth of 8 and 13 cm. Sample tree No. 6 again did not have any noticeable horizontal roots deeper than 7 cm. Both the sample trees had a distinct tap root penetrating to a depth of 25—28 cm. — *Sample trees Nos. 7—22*, pine seedlings within the borders of the sample plot. The height varied from 0.47 m to 1.41 m. Observations were made particularly of the vertical root systems. It was proved that 6 of the seedlings had a distinct tap root pointing mainly straight down. Two of them had the tap root turned into a horizontal direction without having been able to penetrate deeper than the lower level of the horizontal root system. The tap root of four of the seedlings turned horizontally at a depth of 10 cm, and of four of them somewhat deeper, at the most at a depth of about 20 cm from the surface. Fig. 10, 11 and 12 illustrate three of the typical root systems referred to — Other vertical roots close to the base were only observed in a couple of cases.

S a m p l e p l o t X I V.

F o r e s t t y p e: *Calluna* type. S t a n d: Here and there very old pine trees or groups of trees with second growth of various height between. The position of the trees within the sample plot is seen on map No. 11. Within the borders of the crown projection of the mother tree and the area about 1 m around it the undergrowth contained 156 specimens. Within the crown projection the seedlings were vigorous and grew well, outside it again small and poor looking. Close to the area of map No. 11 was a decaying trunk on both sides of which also grew beautiful young pines, although the surrounding seedlings were small and miserable. The grouping of second growth in the manner described above around old dominant trees and mouldering trunks is common on meagre dry heaths in these localities. This kind of grouping has been described earlier by HESSELMAN (1910) and AALTONEN (1919). S o i l: Humus 1—3 cm, horizon $A_{1,2}$ 0—6 cm, then rust coloured sand of rather coarse texture, underneath which again is fine light coloured sand until at a depth of 110—120 cm a dense gravel layer begins made up of small stones. — The level of the neighbouring pond is about two metres below the surface of the sample plot.

Sample tree No. 1, pine, wide branched old dominant tree with dead top, touched by decay. — The root system was not fully investigated. A considerable part of the horizontal root system was, however, dug out and is reproduced on map No. 10. The total length of this part of the root system was 598 m. The ratio of the dug part to

the undug part is about 4 : 5. Thus the length of the undug part would be 748 m and the total length of the horizontal roots in round figures 1350 m. The area of the root system represented on the map is 255 sq.metres. By using the same proportion as above the area of the undug part of the root system would be 319 sq. metres and thus the total area of the horizontal root system approximately 575 sq. metres. Measurements at regular intervals were only made of 8 roots. Results of these in the first table on page 136. In the second table the whole series of measurements of the longest root. — Of the horizontal root system a considerable part is dead, as is indicated on the map. According to the root map 13.8 per cent of the root system marked on the map is dead. If the decayed roots could have been dug out, this percentage would have been considerably higher. The root system close to the base was not investigated, but the scattered vertical roots were examined. The total number of these observed was 17. As far as the diameters were concerned these roots were of minor importance. One that had a diameter of 5 mm, when turning down, was followed to a depth of 170 cm and the end was not found. Most likely the root reached to the ground water which was not very far off. — *Sample tree No. 2*, pine, fallen a long time ago. The stem decayed and covered with moss. Fig. 48 gives a good conception of the root system which was very well preserved. Even the vertical roots were well preserved, although they were cut off (the light coloured uneven points) at the time the picture was taken. It may be assumed that the deepest root penetrated to a depth of about 2 m. — *Sample trees Nos. 3—19*, pines, small trees grown under the crown of the large sample tree. The base diameter varied from 1.0 cm to 3.0 cm, and the age from 30 to 45 years. Investigations were made particularly of the vertical root system. It was observed that 8 of the specimens had a distinct and mainly vertical tap root, while 9 specimens had a tap root growing in an oblique direction. In three cases the root turned very close to the surface (not deeper than 10 cm) continuing as a regular horizontal root.

Sample plot XV.

Forest type: *Myrtillus* type. Stand: A fairly dense, well-growing, about 50 year old pine stand, undergrowth of birch, spruce, and of abundant juniper. Map No. 13 shows the position and size of the trees and also the crown projections. Soil: Humus 3 cm, horizon $A_{1,2}$ 6—10 cm, brown sand 20 cm, then layers of sand varying in both texture and colour until at a depth 175—180 cm a coarse gravel begins.

Sample tree No. 1, pine, a dominant tree, well-growing with a fresh crown. Regarding the crown see map No. 13. The entire root system was investigated. Measurements at regular intervals were made of 36 horizontal roots of which 25 started at the base. Results of the most important ones in the tables on page 139. The second table gives the complete measurement of the longest root. Map No. 12 and fig. 13 give an idea of the horizontal root system. The vertical root system is well developed. Compare fig. 49. The tap root reaches a depth of 180 cm, but some of the extremely fine vertical roots penetrate to a depth of even 220 cm. It should also be mentioned that in the same grove in which these roots grew, a root of a strange pine and even some birch roots also entered.

Sample plot XVI.

Forest type: *Vaccinium* type. Stand: A thin pine stand about 80 years old. Soil: Humus 2—5 cm, horizon $A_{1,2}$ 8 cm, then different sand layers varying in texture and colour. Hard layers were not found above a depth of 150 cm.

Sample tree No. 1, pine, a fairly good looking, freely developed tree. The crown cone-like and beautiful, but rather thin; the width of crown 2—2.80 m. The entire root system was investigated, but roughly in order to examine only the main features. Measurements at regular intervals were made of 13 horizontal roots of which 11 started at the base. Results of the most important ones in the table on page 142. No ordinary tap root was to be found. At the centre of the stump a root starts, turning immediately in a horizontal direction and sending from the turning point only a small, broom-like root, which only penetrates to a depth of 55 cm. Three vertical roots are more noticeable starting about 0.5 m from the stump and being branches of horizontal roots. Most likely they penetrated to the ground water or close to it.

Sample plot XVII.

Forest type: *Vaccinium* type (approaching *Hylocomium-Myrtillus* type). Stand: In parts open, in some places dense, slow-growing, about 80 year old pine stand, mixed with some spruce. Soil: Humus 4—8 cm, underneath a layer containing a considerable amount of carbon, then horizon $A_{1,2}$ 5—10 cm. A brown layer of 20 cm follows, under which is a coarse textured, stony gravel; stones rounded, the largest of which have a diameter of 15 cm. Round stones are also to be found here and there in the upper layers. — The sample plot was situated on a steep, NE-slope of a long gravel hill. The gradient per metre was over 50 cm.

Sample tree No. 1, pine, a slow-growing dominant tree. The diameters of crown 2—2.50 m. The root system was completely dug, but only roughly. Measurements at regular intervals were made of 11 horizontal roots all of which started at the base of the tree or close to it. Results of the most important ones in the table on page 144. — No special directions of the roots either up-hill or down-hill could be detected. — The sample tree had a sturdy tap root which at a depth of 65 cm branched into two parts. The thicker one was broken at a depth of 90 cm and still had a diameter of 27 mm, thus it may be presumed that it penetrated further at least 0.5 m. No other noticeable vertical roots were found. — *Sample tree No. 2*, pine, a slender, poorly growing tree. Diameter at breast height 6.1 cm. It was proved that the tree had four main horizontal roots the diameters of which were: 32 × 69, 34 × 80, 40 × 70, 50 × 106 mm respectively. Two of the roots were in a down-hill direction, while two seemed to grow up-hill. — The tree had no tap root or other vertical roots.

Sample plot XVIII.

Forest type: *Oxalis* type. Stand: A fairly thin, well-growing pine stand mixed with alder and birch, individual spruces as undergrowth. The position of the trees will be found on map No. 15. Soil: Humus 4—5 cm, underneath an indistinct layer of humus and washed white soil (horizon $A_{1,2}$), the thickness being 4—5 cm. The next layer is a dense, small stony, clayey gravel which in a dry condition was as hard as stone and could only be broken with a mattock and an iron bar. This layer reached a depth of at least 60 cm.

Sample tree No. 1, pine, a very well-growing dominant tree. With regard to the crown see map No. 15. The entire root system was investigated. Measurements at regular intervals were made of 16 horizontal roots of which 12 started at the base. Results of the most important ones in the table on page 146. The horizontal root system is reproduced on map No. 14. — In order to get an idea of the number of the finest horizontal roots a fairly large branch root was dug out entirely by hand and with the greatest care. Of this root a special map was drawn in which 32 branch roots

were marked. Of these only two had a base diameter of 2 mm (these are marked on the ordinary root map), the rest were thinner. When the smallest branches were also counted in the quarters with the help of a magnifying glass, the total number of roots amounted to 98. Of these 14 started from the upper side of the root, 20 underneath and 64 from the sides. — The character of the vertical root system close to the base is seen in fig. 50. No tap root was to be found, but underneath the stump and partly under the deepest horizontal roots a number of fine roots start which at first grow crookedly downwards, but then turn in a horizontal direction. From these, however, branches may depart which are trying to grow downwards. Some of the longest reach a depth of 60 cm. Further from the stump many vertical roots also depart from the horizontal roots in some places. These generally penetrate to a depth of only a few decimetres. — *Sample tree No. 2*, spruce, belonging to undergrowth, a wide branched tree. See map No. 15. The entire root system was investigated. Measurements at regular intervals were made of 10 roots of which 6 started from the base. Results of the most important ones in the first table on page 148. No noticeable vertical root system was found. — *Sample tree No. 3*, pine, a very poor-growing, depressed tree. The crown very weak, diameter only 1 m. The root system was completely investigated. Measurements at regular intervals, were made of 10 horizontal roots all of which started at the base. Results in the table on page 149. Fig. 51 gives an idea of the vertical root system. The tap root turns to one side and reaches a depth of 60 cm. — The soil around the tree is, perhaps, a little softer than around sample tree No. 1. — *Sample trees Nos. 4 and 5*, pines, well-growing dominant trees with breast height diameters of 12.1 and 15.5 cm respectively. Three of the horizontal roots were dug out. The average depth was 6.2 cm. The longest root was 12 m long.

Sample plot XIX.

Forest type: *Oxalis-Myrtillus* type. Stand: A beautiful 65 year old pine stand mixed with alder and birch, spruce undergrowth. The size and position of the trees is seen on map No. 17. Soil: Humus 3—5 cm, horizon $A_{1,2}$ 2—5 cm, a reddish, fine sand, underneath a light coloured stony layer. As a whole the soil should be considered as moraine containing a fairly small number of stones. The upper layers in particular are rich in fine material. Rock was found at sample tree No. 2 at a depth of 45—55 cm. At sample tree No. 1, on the other hand, no rock was found even at a depth of 105 cm. A few metres north of sample tree No. 1 the soil changes into a clayey composition.

Sample tree No. 1, pine, a well-growing dominant tree with a fairly wide crown. The crown projection is drawn on map No. 17. The entire root system was dug out. The horizontal root system is to be seen on map No. 16 and the central part in fig. 14. Measurements at regular intervals were made of 34 horizontal roots of which 15 started at the base. Particulars of the most important ones in the table on page 151. — As regards root No. 4 it should be noted that at the 6 m measurement point it had intergrown with the base of another tree and does not continue to grow after that. Root No. 6 had also intergrown with a root of another pine at a distance of 1.5 m from the base in the manner shown in fig. 15. The table on page 152 gives the results of the entire measurements of some of the roots. — Fig. 52 gives an idea of the vertical root system close to the base. Besides these the root systems contain a number of other vertical roots which, as branches of the horizontal roots are scattered around the whole area of the root system. In some places these scattered vertical roots

are very abundant as is shown on the root map. Fig. 53 represents such an instance. — *Sample tree No. 2*, spruce, lately developed in an open space, well-growing tree. The crown projection is drawn on map No. 17. The entire root system was investigated. The horizontal root system is to be seen on map No. 16. 14 horizontal roots were measured at regular intervals, 11 of which started at the base. Results of the most important ones in the table on page 154. The most notable part of the vertical root system is the tap root as seen in fig. 16.

Sample plot XX.

Forest type: *Calluna* type. Stand: A fairly thin, slow-growing, about 60 year old pine stand, mixed with a little birch and a few aspen, some undergrowth of spruce. Soil: Humus 2 cm, horizon $A_{1,2}$ 1—10 cm, brown stony moraine 20—40 cm, a similar moraine of lighter colour. Rock is to be found at different depths, in some places under a layer of earth 1 m thick, in others immediately under a thin layer of moss. The moraine is generally rich in stones.

Sample tree No. 1, pine, a well-growing dominant tree. The crown projection is seen on map No. 19. The root system was completely investigated. The horizontal root system is seen on map No. 18 and the central part in more detail in fig. 17. Measurements at regular intervals were made of 40 horizontal roots of which 27 started at the base or very close to it. In the first table on page 156 the results of the most important ones are given and in the second table the entire measurements of some of the roots. Fig. 54 gives an idea of the vertical root system close to the base. — *Sample tree No. 2*, pine, an extremely diseased tree. The crown projection is seen on map No. 19. The entire root system was investigated. The horizontal root system is drawn on map No. 18. Measurements at regular intervals were made of 15 horizontal roots of which 9 started at the base. Results of the most important ones in the table on page 158. The most important part of the vertical root system is the tap root, the shape of which is seen in fig. 19. — *Sample tree No. 3*, pine, a fairly good looking dominant tree. Diameter at breast height 18 cm, height 12 m. The crown projection on map No. 19. Only two of the main horizontal roots with all the side roots were dug out. These are drawn on map No. 18. Results of the most important measured roots in the table on page 159. — *Sample tree No. 4*, birch (*Betula verrucosa*), a dominant tree, to some extent diseased. The crown projection is seen on map No. 19. The entire root system was investigated. The horizontal root system is on map No. 18. 26 of the horizontal roots were measured at regular intervals, of these 16 started at the base. Details of the most important ones in the second table on page 160. On the next page, in addition, the entire measurements of three roots are given. A number of roots had intergrown with each other. Fig. 20 represents two of these. The tree did not have an ordinary vertical root system, but rock was also found at the base at a depth of 43 cm. — *Sample tree No. 5*, spruce, a poor-growing specimen, belonging to the undergrowth. The entire root system was investigated. The horizontal root system is drawn on map No. 18. Measurements at regular intervals were made of 12 roots of which 9 started at the base. The second table on page 162 gives particulars of the most important ones. — The tree had a short tap root reaching a depth of 23 cm, but turning after that in a horizontal direction. — *Sample tree No. 6*, aspen (*Populus tremula*), diameter at the base 8.8 × 10.0 cm. Only the central root system was investigated. The tree had a distinct tap root. The diameters and depths of the largest horizontal roots are seen in the table on page 163.

Sample plot XXI.

Forest type: *Myrtillus* type. Stand: A thin, fast-growing, about 30 year old pine stand, underneath a very dense young birch stand. Soil: Very decayed peat of dark colour, suitable for use in cultivation. The level of the ground water varied from 40 to 50 cm.

Sample tree No 1, pine, a well-growing dominant tree with thick branches. The crown extended in the direction of the cardinal points as follows: north 3.20 m, south 2.70 m, west 3 m and east 3 m. The entire root system was investigated. Map No. 20 represents the horizontal root system. The roots of more than 1 cm thickness are drawn with double lines. Measurements at regular intervals were made of 24 horizontal roots all of which started at the base. The measurements were made principally with regard to the thickness of the roots, as the determination of the depth was very difficult on peat soil. The table on page 165 gives particulars of the most important roots. — The vertical root system was rather weakly developed. Two roots were, however, found which grew at first in a vertical direction, but then turned to one side and finally in a horizontal direction. These roots reached a depth of not more than 55 cm. — *Sample tree No. 2*. Pine, depressed by the adjacent trees, but a growing specimen, nevertheless. Diameter of the crown 1.30—1.70 m. The root system was completely investigated. Measurements at regular intervals were made of 6 roots of which 4 started at the base. Results of measurements in the second table on page 166. — No noticeable vertical roots were found.

Sample plot XXII.

Forest type: *Myrtillus* type. Stand: Previous to the cutting in 1923 there was on the sample plot a fairly dense, mixed stand of pine, spruce and birch with spruce undergrowth. After the cutting the stand was more open. Soil: Humus 4 cm, horizon $A_{1,2}$ 8—20 cm; brown sand 30—40 cm; fine light coloured sand 20—25 cm; dense, stony gravel, the stones varying in size. Even in the sand layers here and there stones of considerable size.

Sample tree No. 1. Pine, a well shaped, dominant tree with a small crown. The diameter of crown in the direction NW—SE 2.30 m and in the direction NE—SW 1.65 m. On the SE-side the width of the crown is only 70 cm. The entire root system was investigated. Map No. 21 and fig. 21 give an idea of the horizontal root system. Measurements at regular intervals were made of 18 horizontal roots of which 11 started at the base. Results of the most important ones are in the second table on page 168. — Fig. 55 gives a good idea of the vertical root system close to the base. — *Sample tree No. 2*, spruce, a small poor-growing specimen. The diameter of crown in the direction NW—SE 1.55 m and in the direction NE—SW 1.45 m. The root system was investigated completely. The horizontal root system is drawn on map No. 21. Measurements at regular intervals were made of 6 horizontal roots. Results of the most important ones are in the table on page 170. The vertical root system was represented by a small root reaching a depth of a couple of decimetres.

Sample plot XXIII.

Forest type: *Vaccinium* type. Stand: A rather thin, about 50 year old pine stand mixed with birch and spruce, the latter being mostly undergrowth; plenty of juniper bushes. Soil: Humus 2—5 cm; horizon $A_{1,2}$ 1—5 cm, in places this layer is entirely absent. A reddish-yellow layer follows 25 cm thick and then a layer of clay-grey colour which borders on the rock. At sample tree No. 1 the rock

is at a depth of 50—75 cm. All the layers are very stony. Digging would have been impossible without an iron bar. The size of the stones varied from large rocks to stones the size of a fist; the lower layers contained in addition a considerable number of small stones. Briefly, the soil may be said to be very stony moraine. — The sample plot is situated on a fairly steep southern slope.

Sample tree No. 1, pine, well-growing dominant tree. The width of the crown in the direction N—S was 2.15 m and in the direction W—E 1.55 m. The entire root system was investigated. Map No. 22 and fig. 22 give an idea of the horizontal root system. Measurements at regular intervals were made of 27 horizontal roots of which 18 started at the base. Results of the most important ones are given in the first table on page 172; in the second table the entire measurements of some of the roots are seen. — The shape of the vertical root system close to the base is seen in fig. 56. Scattered vertical roots were abundant. — *Sample tree No. 2*, spruce, a small tree belonging to undergrowth. The width of the crown in the direction NE—SW was 1.70 m and in the direction NW—SE 1 m. The entire root system was investigated. The sample tree had a fairly clear vertical root which started close to the base from a horizontal root and reached a depth of 50 cm, but still did not end at that point. — *Sample tree No. 3* (page 174), pine, a seedling with few branches, but still vigorous. The root system was completely investigated. The horizontal root system was rather valueless, the entire length being only 5 m. Most of the roots grew in the humus close to the surface, some, however, even at a depth of 10 cm. The tap root divides already at a depth of 5 cm into three horizontal main parts. — *Sample tree No. 4*, birch, a dominant tree. Diameter at breast height 8.5 cm, height 9.30 m. Only the part of the root system close to the base was investigated, and a drawing was made, fig. 23. It should be noted that three sturdy roots had decayed into stubs. A part of the root system grew deep. One vertical root, for instance, reached a depth of 52 cm.

Sample plot XXIV.

Forest type: *Myrtillus* type. Stand: On the shore, fresh pines with fluffy branches growing at the waterline. Soil: Under the humus a dense, blue clay.

Sample tree No. 1 (page 175), pine. The waves had corroded the earth under the roots and the wind had caused the tree to fall on the shore. The root system was photographed from below at the base, fig. 57. The extremely dense and complete level root system should be noted. The number of horizontal roots starting at the base was 11, but these were abundantly branched and sent numerous side roots in all directions. The depth of the bottom level of the root system was at the base 50 cm, at a distance of 0.5 m 36 cm and at a distance of 0.7 m 31 cm.

Sample plot XXV.

Forest type: *Oxalis-Myrtillus* type. Stand: A sown, 35 year old, even, well-growing pine stand. Soil: Humus 5—10 cm, the next layer fine, yellowish sand which becomes still finer, almost clay-like, at greater depths. Few stones are to be found in the soil. The soil may be described as moraine, poor in stones.

Sample tree No. 1 pine, a dominant tree, felled a year before the digging was done. The root system was not entirely investigated, but only that part of the horizontal root system which did not start at a greater depth than 25 cm. This part of the root system is represented on map No. 23. 10 horizontal roots were measured at regular intervals. Results of these in the second table on page 176. The vertical

root system of the sample tree was not investigated, but it could be proved that there were sturdy vertical roots in the vicinity of the base.

Sample plot XXVI.

Forest type: *Calluna* type. Stand: A growing, about 30 year old pine stand with openings. Soil: Humus 1—4 cm, horizon $A_{1,2}$ 2—3 cm, a reddish, rather coarse textured sand, the coarseness increasing with the depth.

Sample tree No. 1 (page 177), pine, a well-growing dominant tree. Only half the horizontal root system was completely dug out. The rest was investigated only close to the base. Map No. 24 gives an idea of the investigated part and also includes the crown projection. The root system was not measured at regular intervals. The most important part of the vertical root system was a typical tap root which grew straight down as a continuation of the stem and reached a depth of 81 cm.

Sample plot XXVII.

Forest type: *Calluna* type. Stand: Uneven-aged, uneven pine second growth. In places dense, productive looking groups, in other places, on the other hand, thin, poor looking, small sized trees. Soil: Humus 2 cm, horizon $A_{1,2}$ 5 cm, a reddish layer 25 cm, underneath a layer of clay-grey colour. Some stones in all the layers. Briefly, the soil is moraine with a comparatively small number of stones.

Sample tree No. 1, pine, diseased, but still able to develop, a specimen grown in the open. The crown rather round extending to a distance of about 40 cm in each direction. The root system was dug out entirely. Four of the most important horizontal roots were measured at regular intervals. Results of these in the first table on page 180. No kind of a tap root was found. The vertical root system was represented by a few scattered vertical roots. — *Sample tree No. 2*, pine, poorly growing, but a specimen developed in the open. The entire root system was investigated. Four of the most important horizontal roots were measured at regular intervals. In the first table on page 181 the measurements of the most important root are given. The rest of the measured roots were much smaller. — No noticeable tap root was found. — *Sample tree No. 3*, pine, with an almost level crown, poorly growing specimen. The diameter of the crown in the direction N—S 0.80 m and in the direction W—E 0.70 m. The root system was completely investigated. Measurements at regular intervals were made of 7 horizontal roots of which some particulars are given in the first table on page 182. The tree had a tap root which reached a depth of 50 cm turning in the meantime in a horizontal direction. — *Sample tree No. 4*, pine, a well-growing dominant tree, developed in a fairly dense group. Symmetric crown; width in the direction N—S 1.30 m and in the direction W—E 1.55 m. The root system was completely investigated. 12 horizontal roots were measured at regular intervals, 8 of them starting at the base. Results of the most important ones in the first table on page 183. — No ordinary central vertical root system was found as is seen in fig. 58. Some of the roots penetrating in an oblique direction reach, however, a depth of 45 cm. — *Sample tree No. 5*, pine, a tree with a narrow crown, but still able to develop, a specimen grown in a very dense group. The diameter of the crown in the direction N—S 0.70 m and in the direction W—E 0.75 m. The entire root system was investigated. Measurements at regular intervals were made of 7 horizontal roots all of which started at the base. Particulars of these in the table on page 184. The tree has a distinct tap root which, however, turns in an oblique direction already at a depth of 22 cm and finally becomes horizontal. — *Sample tree No. 6*, pine, a fresh domin-

ant tree developed in a very dense group. The width of the crown in the direction N—S was 0.80 m and in the direction W—E 1.05 m. The root system was investigated completely. Measurements at regular intervals were made of 7 horizontal roots of which 6 started at the base. Results of some of the most important ones in the second table on page 185. No tap root was found growing in a downward direction as is seen from fig. 59. The sturdy root, a continuation of the stem, turns immediately in an oblique direction and continues to grow as a horizontal root. — *Sample trees Nos 7—13*, pines the base diameters of which are 3.0, 3.5, 4.0, 6.2, 6.9, 7.4 and 8.4 cm respectively. Observations were only made with regard to the vertical root systems. Two of the trees had a distinct tap root growing straight down, three had a tap root growing in an oblique direction and two had not even a remnant of a tap root. The rock did not cause the turning of the tap root in a single case. Figures 24, 25 and 26 illustrate one of the root systems of each group.

Sample plot XXVIII.

Moor type: Cottongrass-whitemoor. Stand: A thin, poorly growing moor-pine stand. Soil: The thickness of the peat varies from 0.75 to 1 m. The moor is level and the ground water is very close to the surface.

Sample tree No. 1, pine, a poor tree, growing alone. The diameter of the crown at the widest point 1.40 m. The entire root system was investigated. Map No. 25 gives an idea of the horizontal root system. 4 horizontal roots were measured as to thickness at regular intervals, of these three started at the base. The table on page 187 gives the results of the measured roots. The tree had no kind of vertical root system.

Sample plot XXIX.

Moor type: A drying whitemoor. Stand: A fairly young, comparatively well growing, grouped, mixed stand of pine and birch. The growth of the trees had improved considerably thanks to the ditching done about 1912 (one of the ditches runs close to one side of the sample plot). Soil: The thickness of the peat is over 2.5 m. The surface peat is rather dry.

Sample tree No. 1, pine, a fresh, undisturbed developing dominant tree. The width of the crown in the direction N—S 1.80 m and in the direction W—E 1.65 m. The entire root system was investigated. Map No. 26 gives an idea of the horizontal root system. With regard to thickness measurements at regular intervals were made of 9 horizontal roots of which 5 started at the base. Details of the most important ones in the table on page 189. The tree had no kind of a vertical root system.

Sample plot XXX.

Forest type: *Vaccinium* type. Stand: A very dense, young, productive pine stand mixed with some mountain ash, alder, aspen and birch. Soil: The thickness of humus varies from 5—15 cm being mostly about 8 cm. The horizon $A_{1,2}$ is very distinct, generally about 10 cm thick. The next layer, 10—20 cm thick, is of a rusty-brown colour changing gradually downwards into a clay-grey colour. The mineral matter becomes finer as the depth increases, being at a depth of 65 cm almost like clay. Stones, from the size of a fist to the size of a paving stone, are present in all the layers. Put briefly, the soil is moraine with very few stones and containing abundant matter of fine texture.

Sample tree No. 1, pine, well-growing, although slender specimen of the dominant class. The diameter of the crown in the direction N—S 1.50 m and in the

direction W—E 1.20 m. The entire root system was dug out. Measurements at regular intervals were made of 15 roots of which 11 started at the base. Particulars of the most important ones in the table on page 191. The most important part of the vertical root system is a sturdy tap root, growing in a slightly oblique direction the shape of which is seen in fig. 27.

Sample plot XXXI.

Forest type: *Vaccinium* type. Stand: A fairly thin, well-growing young pine second growth. Soil: Humus 5 cm, horizon $A_{1,2}$ about 6 cm. The next sand layer is rather coarse textured, rusty, of bright brown colour mixed with some fine matter. In the sand stones 0.5—2 cm in diameter are to be found in places.

Sample tree No. 1, pine, fresh, undisturbed developing seedling. The diameter of crown in the direction N—S 1.05 m and in the direction W—E 0.80 m. Measurements at regular intervals were made of 9 horizontal roots of which 8 started at the base. Results of the most important ones in the second table on page 192. — No tap root. Close to the base a thin (12—13 mm) vertical root departs from the largest horizontal root reaching a depth of 25 cm.

Sample plot XXXII.

Forest type: *Vaccinium* type. Stand: Productive, young pine stand; groups very dense, between small openings. Soil: Humus 2—4 cm, horizon $A_{1,2}$ 10—20 cm (in places absent). The next brown layer is 25 cm thick and underneath to some extent a hardened layer of grey colour. In each layer very abundant rounded stones varying in size from the size of a fist to the size of a man's head. In the grey layer mentioned there is, besides, a considerable number of small stones. The soil is, as can be seen from this description, typical gravel.

Sample tree No. 1, pine, well-growing, but slender dominant tree. The width of the crown in the direction N—S 1 m and in the direction W—E 1.20 m. The tree grew on the edge of a gravel pit and thus some of the roots had been cut off. Consequently the entire root system could not be investigated. A considerable part was, however, dug out. In the second table on page 194 some particulars are given of the excavated roots. — The tree had a sturdy tap root which at first grew straight down, but then turned in an oblique direction as fig. 60 shows. — *Sample tree No. 2*, pine, fresh, productive, dominant tree. The diameter of the crown in the direction N—S 1.90 m and in the direction W—E 1.85 m. The greater part of the root system was investigated, all the roots were, however, not followed to the end. 5 horizontal roots were measured at regular intervals. Results of these in the second table on page 195. — The tree had a sturdy tap root as is seen in fig. 61. The greatest depth reached was 44 cm. — *Sample tree No. 3*, pine, base diameter 7.0 cm. The main part of the vertical root system is seen in fig. 60 (right). The depth of the tap root was 62 cm.

Sample plot XXXIII.

Forest type: *Myrtillus* type. Stand: A fairly thin, slender pine stand. Soil: A very stony moraine. Large sized stones covered with moss even on the surface.

Sample tree No. 1, pine, windfall, dominant tree, its age being 71 years and the base diameter 45 × 42 cm. The root system was cleared of dirt, turned up and photographed (fig. 62). Some measurements were made of the most important horizontal roots which are seen in the table on page 196. The diameter of the tap root

at the base, i.e. in the picture underneath the thick root turning to the left, was 200 × 256 mm. The lowest branches reached a depth of 1.40 m.

Additional material.

1. Small seedlings. A number of small pine seedlings were dug out and dried like herbarium plants from the following sample plots or their vicinity: XI, XII, XIII, XIV, XV, XXI, XXIII, XXVI, XXVII, XXX. Part of these seedlings is seen in figures 64—74.

2. Some observations concerning root systems in the vicinity of Helsinki. Forest type: *Oxalis-Myrtillus* type, soil fertile, stony moraine, stand fairly good sized mixed, park-like.

The first observation refers to two spruces growing close together, the root systems of which are seen in fig. 63. The firmly intergrown parts should be noted. The trees had comparatively sturdy vertical roots which made it very laborious to twist the stump.

The second observation refers to a birch grown close to the above spruces with a breast height diameter of about 15 cm. The tree had numerous deep going roots both vertically and horizontally. Regular measurements were not made, but a number of roots certainly reached a depth of over 0.5 m.

The third observation referred to a birch the breast height diameter of which was 19 cm. It could be observed that part of the roots grew close to the surface and part penetrated deeper. One sturdy root was followed to a distance of a couple of metres from the base. Within this distance the greatest depth was not more than 5 cm. The thickness at 2 m distance was still about 10 mm.

3. Observations of root systems of moor-pines were made of several windfalls, for instance in the parishes of Pielisjärvi and Teisko. The peat was removed so that the central root system could be seen. It was proved in each case that the root system on the lower side was smooth; no vertical roots were found.

Notes concerning the tables on pages 198—201 and 202—204.

The tables on pages 198—201 illustrate the abundance of the surface vegetation on sample plots by using the 1—10 scale of Norrlin (cf. Cajander 1916). The figures 1—2 signify a scattered appearance, 3—4 spread, 5—7 abundant, and 8—10 a continuous appearance. — In brackets the occurrence of such plants is stated as do not belong to the ordinary surface vegetation in the same sense as the others included in the list. For instance, if a plant only occurs on rocks or stems of fallen trees or if it is present only on the edges of a sample plot, the figure indicating the degree of occurrence is given in brackets.

In the table on pages 202—204 a combination of the most important results of such sample trees is given as have been investigated to such an extent that exact figures are available in giving certain informations. All figures concerning the root systems are not wholly comparable owing to different methods of investigation. As far as possible an effort has been made to indicate this partly by the remarks and partly by placing the figures which include a partly estimated value, in brackets. In addition, the average depths of root systems obtained by using an unusual method are printed in italics. The sign + after a certain figure indicates that the measure in question is in reality somewhat larger than the indicated one.

The total number of sample trees investigated is 192, of which 162 are pines, 25 spruces, 4 birches and 1 aspen. This does not include the additional material and the small seedlings. — The root systems of 72 tree specimens were investigated entirely or to a considerable extent; of these 58 were pines, 17 spruces, and 3 birches.

In the tables on pages 198—204 referred to above the forest types have been indicated by the customary abbreviations which are also used in some of the tables later on. The following is an explanation of the abbreviations:

OT *Oxalis* type, OMT *Oxalis-Myrtillus* type, MT *Myrtillus* type, VT *Vaccinium* type, CT *Calluna* type.

General features of the root system of pine.

As far as systematic measurements of the root systems of pines have been made, it is absolutely imperative to distinguish between the *vertical* and the *horizontal root systems*. This was done from the very beginning in this investigation, when the material was collected. This proved to be necessary, too, from the point of view of the reproduction of root systems. In general the adoption of this method presented no difficulty.

The horizontal root system has been referred to in this investigation also as the *surface root system*, because the greater part of it grows fairly close to the surface of the ground. The vertical root system has been referred to also as the *deep-root system*, because it grows in depth, and is thus for the greater part situated deeper than the horizontal root system.

The deep-root system may in some cases be entirely absent. The horizontal root system is always present, excepting very young seedlings. — The most important part of the deep-root system often starts from the base of the tree and grows downwards as if it were a continuation of the stem. When this root is directed almost straight down and is of some size (as compared with the size of the tree) and does not branch, it is called the *tap root*.

From the base of the tree, or from the tap root, the main surface roots depart; from these start the horizontal roots of the 2:nd class; from these again the horizontal roots of the 3:rd class and so on.

From the surface roots vertical branches also depart which are thus to be considered as being deep-roots. When these vertical branches start close to the base of the tree, at a distance of 1—1.5 m from it, they may be very conspicuous, as far as their dimensions are concerned. These may be called *inner deep-roots*. Together with the tap root (or the vertical root departing from the base and divided into branches) they form the *central deep-root system*. — Those vertical branches of horizontal roots which start at a greater distance from the base are called *scattered deep-roots* and as a whole the *scattered deep-root system*. It should be mentioned that the vertical roots may point upwards, although this is rare.

Sometimes one part of a root must be considered as a vertical root and the other part as a horizontal root. This must be done in cases, in which the direction of the root changes permanently. The tap root, for instance, may turn and continue to grow as an ordinary horizontal root. On the other hand, a horizontal root may suddenly turn in a vertical direction and remain so and continue its growth downwards.

Roots going in an oblique direction appear principally only in the central deep-

root system. In regard to these roots it is sometimes difficult to decide, whether they belong to the vertical or horizontal roots. In such cases the size of the angle, which the main direction of the root made to the horizontal plane, was the deciding factor. If the angle was less than 45 degrees, the root was included among the horizontal roots; if larger, among the vertical roots. Cases on the borderline were included by preference among the vertical roots, because the direction of a root, growing at an angle of 45 degrees, is already very steep.

When the general characters of the root system are concerned, and the principles connected with them are explained, a part, belonging in a way to the root system, has to be taken into consideration and in this investigation it is referred to as the *base of the stump*. When the tree is felled at the level of the upper roots, there remains, besides the actual root system in the ground, a part of the tree, which is a direct continuation of the stem, and from which the horizontal roots start sideways and the tap root downwards. This part is the base of the stump referred to. It cannot be referred to the horizontal roots, but rather to the vertical roots, and in the first instance to the tap root. But very often this, too, does not directly belong to the base of the stump. Compare, for instance, figures 3, 4, and 49. It has therefore been thought best to measure the starting point of the tap root from below the upper horizontal root orbit, which is actually closer to the original root neck than the upper part of the horizontal root orbit, because the horizontal roots increase considerably more upwards than downwards in thickness.

The central root system is referred to as that part of the root system close to the base of the tree which thus includes the whole central vertical root system and in addition a part of the horizontal roots, i.e. those at a distance of 1—1.5 m from the base of the tree. When the unity of the central root system is especially emphasized, the term *rootstock* is used, which specifically includes the base of the stump too. This term has accordingly not been used in its botanical sense.

The horizontal or surface root system.

GENERAL FEATURES.

As has already been stated, when the character of this investigation was discussed, the purpose is to investigate the general morphological features of the root system of pine. It is, indeed, difficult to study simultaneously both the general character and the extent of the root system on the one hand, and the finer details of the root system on the other hand. Thus, when measuring and describing the horizontal root system, the dwarf roots (BÜSGEN, LIESE: Kurzwurzeln; ENGLER, ANDERS: Saugwurzeln; VON ALTEN: Ernährungswurzeln) have been omitted. As regards size they are very unimportant and disappear quickly, only to reappear in new places. Very often during the field work, dead groups of dwarf roots were observed. These roots are consequently temporary in character and do not increase the actual root system. The dwarf roots of pine are very often mycorrhiza roots. They were found abundantly in both mineral soil and humus. — It should mentioned that MÖLLER (1908) did not find any mycorrhiza roots in pine seedlings in the humus.

The horizontal roots which actually form the root system are those known as long roots (BÜSGEN, LIESE: Langwurzeln; ENGLER, ANDERS, LIESE: Triebwurzeln; VON

Alten: Bereicherungswurzeln). They often grow rapidly in length and are never fungous at the termii, and end during growth in a white, swollen point (Th. Hartig: Spargelspitzen). These points are rather dull and their tapering end is only a few millimetres in length. The actual white points are comparatively thick. They have even been found 4 mm thick (Liese gives the maximum size as 5 mm). The smallest roots are, however, only 0.5 mm in diameter and even less. As regards length the white point is at most a few centimetres. Behind this there is, sometimes to a considerable length (up to 30 cm), a brownish part of approximately the same thickness, but beyond this the root gets noticeably narrower. For instance, a root, 4 mm thick at the point, may be only 1 or 1.5 mm in thickness a little further back. In this case the thick part represents the growth of the last growing season. Sometimes this border line is very distinct. Even though many of the horizontal roots have such a white point, it is not nearly found on all. In some cases the termii are brown up to the very point indicating that the growth has been interrupted. However, these kind of termii are not found very often. On the other hand, a fine branched end is very common and of such branches the main end is not determinable. Such a kind of root does not continue to grow. Perhaps some of the fine end branches increase a little in their length, but the actual length growth of the root has ceased. A root continuing to grow has a charateristic shape, and is fairly easy to distinguish from those described above. Its diameter may easily decrease to 1 mm, or even to 0.5 mm, but it is never threadlike. The faster the root grows, the less are the branches at the end part. For long distances it may grow as a rope-like root. The number of healthy and growing root ends is doubtless an indication of the vigour and capability of development of the root system.

On the contrary many dead root ends indicate that the root system is decayed and retarded. For instance, sample trees XVIII, 3 and XX, 2 had them in abundance. Dead root ends are also to be found, however, in vigorous trees, as, for instance, is the case with sample trees XV, 1, XVIII, 1 and XXXI, 1. No difference in the amount of dead root ends was found in different seasons and none of the trees had them to such an extent as Tolski (1911) observed in the summer in the government of Samara. According to his observations only a small percentage of the ends of the roots was in activity and not only on places, where the soil was apt to dry out, but even on favourable fertile land. — Only the dead ends of the roots have been discussed above. At the time, when the development of the tree, and simultaneously of the root system, has been interrupted or retarded, entire roots or considerable parts of them may die and decay. As examples of this sample tree XIII, 1 and sample tree XIV, 1 may be mentioned. Map No. 10, which represents the horizontal root system of the latter sample tree, is worthy of special attention. The dead part is marked on it in a different colour. This part is about 14 per cent of the total length of the horizontal root system.

It is a common belief that pine is not able to replace a broken root or that this ability is in any case weak. This opinion was stated already by Nobbe in 1875, who explained the difficulty of pine planting to be due to this. Tolski (1913) made experiments by cutting off growing horizontal roots of 20 year old pines. After three years he was able to prove that at most of the cutting points a bunch of new vigorous roots had appeared growing in the same direction. Liese (1926) observed that casual roots appear at smooth cutting points, although the roughly cut ends remain without them. In connection with this investigation such experiments were not made. On one sample plot (III), however, several roots were found with dead ends owing to fire, and around

the damaged, pitched end two roots had appeared, growing in the same direction as the old root. The replacement of a dead root can apparently occur even in such a way that the branches of a dead stub which remain alive, develop and become considerably longer and thicker than would otherwise have been the case.

It has already been mentioned in connection with the growth of the roots, among other things, that one year's increment in length may be as much as 30 cm. Although the growth relations of roots has not been specially elucidated in connection with this investigation some figures are given below referring to the average increment of roots.

Sample tree	Age of sample tree, years	Longest root, m	Average annual growth, cm
II, 2	40	13.5	34
VIII, 1	38	12.0	32
XII, 1	16	5.5	34
XV, 1	52	17.0	33
XXXI, 1	14	4.5	32

These trees are all young and very well growing specimens. These increment figures are thus, in a way, maximum figures, and higher ones are not to be found in the investigation material. Presuming that such a growth continued throughout the whole life of trees, we should obtain length figures considerably in excess of the actual measures in reality. We may thus draw the conclusion that the average length growth of the roots, as is the case with the stem, accelerates at the beginning, reaches the culminating point at an early age and is retarded towards old age.

Although the investigation of the growing seasons of the roots does not enter into this investigation, it is worth while mentioning that white tips of growing roots were found at all seasons during which the work of digging was done. An abundance of beautiful tips was even found on some trees in October (1925) in Orivesi. No differences due to the season were found as far as the appearance of root tips was concerned. According to the general characters of a root system the roots depart like rays from the base of the tree. If a root map of a young tree developed in the open, is examined, it resembles a star in its general appearance. We may compare, for instance, map No. 1 and especially the root systems of sample trees II, 1 and II, 2 in it. The vertical roots are still rather short at a young age and the general appearance of the map is decided by the direction of the main horizontal roots. Later on the picture changes owing to several causes, even if the root system could develop undisturbedly without outside obstacles influencing the direction of the roots. At first the shape of the horizontal root system is changed by the growing side roots, which generally grow in the same direction as the main root, forming, however, a sharp angle to it. Thus the side roots are compelled to cross the adjacent main roots forming figures resembling a network. The number of loops increases further, when the side roots of the second, third and higher classes start to develop and more new main roots connect with the older ones. When the roots thus increase, they become obstacles to each other, causing changes in the ordinary directions of the roots. Even if the conditions round the tree were as homogeneous as possible and free from factors disturbing the regular development of the root system, things which affect the direction of the roots may appear at times

and make the network formed still more complicated and full of loops. Among such factors might be the roots of neighbouring trees, which trespass even on the area of a single tree during some stage of its life, as well as forest fires, which reduce the root system, causing new branches to develop and eventually destroying a part of the root system. A good idea is given by map No. 10 (sample tree XIV,1) into which shape the horizontal root system of an old tree develops under the above conditions. — As a rule the root system is densest close to the base and becomes less dense away from it. — It seems as if the tree were trying systematically to use the area to advantage in all directions, providing such circumstances are not present as influence the main part of the root system to develop in a certain direction.

The branching of roots according to NOBBE (1875) is greatest at places, in which nourishment is abundant. BÜSGEN (1901), too, mentions that the roots grow rapidly over an area of poor soil in order to develop a dense root system on places, where the soil is more fertile. Although these statements are not made in regard to the root system of pine, they may from the experience gained be said to be true. On some sample plots (for instance, XXVII, XX, XVIII) it was observed that the roots grew straight and without branching over high points of rock covered by moss and even over stones. On the contrary, a special branching was found, for instance, on the site of old stumps; in decayed stems, too, groups of roots may be found.

The moisture also seems to induce a more than usually rich branching. For instance, in the dug root system on sample plot VII (map No. 5) the parts of the root system going in a northerly direction and those in a southerly direction may be compared with each other. The former which grow along a dry *Calluna* heath are as thinly branched as possible, while the roots growing in a southerly direction which sink down a slight slope towards a small moor (several of the roots even reach the moor), are extremely richly branched.

An excessive moisture, on the other hand, seems to be the cause of the development of long, branchless roots. The root systems of sample trees XXVIII, 1 and XXIX, 1 should be compared (maps Nos. 25 and 26). The former has developed under the disadvantage of excess moisture, and the latter in peat which had been gradually drying for ten years.

THE SYMMETRY OF THE HORIZONTAL ROOT SYSTEM.

In the above discussion we have seen that the horizontal root system of pine has a tendency to develop approximately to the same extent in all directions. It seldom, however, has a chance of developing in this way, because there are many causes which tend to disturb the symmetry. Some of these will be considered.

One factor, which may be presumed to influence the general direction of the horizontal root system, is the prevailing wind. It is comprehensible that a strong wind shakes and encumbers such roots most as are on the side from which the wind blows. Thus it may be presumed that such an encumbrance during a prolonged period retards the development of the root system on the side of the prevailing wind to some extent. On the other hand the possibilities of the development of the root system should be best on the side from which the wind blows least frequently. The summer winds have, of course, the strongest influence, as the winter winds do not directly influence the root system owing to the ground being frozen. In order to clear up this problem all

the sample trees were examined the root systems of which had been dug to such an extent that the main direction of the root system could be determined with some certainty. The number of trees was 58 of which 11 were spruces and 2 birches. These were divided into two groups according to whether the horizontal root system had tadistinct tendency in a given direction or not. In addition notes were made in each group, as to whether part of the root system was found to be distinctly poor in roots or not, and if so, in what direction it was. The notes were made on the basis of the root maps. The condition of the predominating direction was, that several roots, longer than the rest, should be growing in this direction. The results are seen in the table on page 216.

If those cases are added together in which the predominating direction was towards a given point of the compass and those, which are distinctly poor in roots in the same direction, giving the latter the — sign, we obtain the following combination:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
—	—1	+3	**+12**	—1	**—8**	—2	—2

The most interesting feature in this combination are the figures for south-east and south-west which differ considerably from the rest of the figures. The main direction of the horizontal root system seems to be confined, according to this, most often to the south-east, and the direction of the part distincly poor in roots to the south-west.

The results may be compared with the most prevailing summer winds (June, July, August) in Suomi (Finland). These are, according to Johansson (1924), in percentage of all winds as follows:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
15	12	10	**8**	13	**18**	10	12

We may mention further, according to the same source, that the weakest winds of all are the SE winds.

It must be admitted that these two combinations harmonise well. And we can therefore draw the conclusion that *the prevailing winds during the summer influence the direction of the horizontal root system so far, that the roots avoid the quarter of the prevailing wind and grow more in the direction from which the winds blow least frequently.*

Owing to the fact that a number of other factors influence the direction of the roots, it is by no means strange that the number of root systems either distinctly favouring the SE direction or avoiding the SW direction, was not larger than it was.

Nothing can be stated from this material in regard to other directions of wind than the two mentioned.

It is well known that in windy places the crowns of trees gradually become modified in such a way, that the branches on the side of the prevailing wind in time grow smaller and may even disappear entirely. It is also known that the crown and the root system are in close co-operation. Such a series of co-ordination was proved by Melder (1911), when he was investigating some seedtree stands in Courland. The shape of the crowns is, however, influenced by many other factors besides the wind. According to our statement a little earlier the root system is influenced directly by the wind. Thus

the influences of the crown and the winds may be opposed to each other. It might, therefore, be anticipated that no very close relation between the horizontal direction of the crown and the direction of the horizontal root system can be found. In order to investigate this problem those sample trees were examined the root system of which had been almost entirely dug out and of which the crown projections had been drawn. The number of such trees was 46, of which 12 were spruces and 2 birches. By comparing the maps of horizontal root systems and the crown projections, an attempt was made to estimate the possible relation of their direction. The estimate is to some extent subjective, but is based, nevertheless, on the measurements made on maps.

The following table was obtained.

Degree of reciprocity between the directions of the horizontal root system and the crown	Number of trees examined
None at all	9
Very slight	16
Slight	8
To some extent	3
Fairly good	4
Satisfactory	4
Good	2
Total	46

Some kind of correspondence, although very poor, is thus to be found in 21 (45.7 %) cases. No correspondence was found in 16 (34.8 %) cases, although there was no actual disagreement. On the other hand, in 9 (19.5 %) cases a distinct disagreement was found. It should be noted that young trees belong in the first place to the groups, which showed a poor correspondence, and vice versa.

According to the above, it must be maintained that *the correspondence between the directions of the horizontal root system and the crown is extremely weak and is limited almost exclusively to avoiding a distinct disharmony.* No reciprocity between the direction of the crown and the direction of the winds could be observed. This is easily intelligible, if it is considered that most of the trees examined were growing in a stand. That in such cases other factors besides the wind determine the shape of the crown, is easily comprehensible. With trees grown in the open the case is altogether different. The results of MELDER point to this. The trees investigated by him were old and had acted as seedtrees for a considerable time (young trees already being abundant) and had, besides, very likely developed before that in a thin stand. The prevailing winds had had a good opportunity of destroying the branches from their own side. This was, perhaps, assisted by the reduced root system on the side of the wind. On the other hand, it is quite possible that the reduced crown on the windy side may have forced the destruction of the root system. — The material of the present investigation comprises three old trees grown in the open which also indicate that the shape of the crowns was influenced by the prevailing winds. All these trees have a narrow branch system on the SW side and two of them have the wide side of the crown in a SE direction. The widest side of the branch system of the third tree, however, is

in a NE direction. It should, however, be remembered that the root system is influenced only by the summer winds, but the crown (particularly in the case of softwoods) all the year round. In Suomi (Finland) the SW wind prevails throughout the year, but the SE wind is the rarest wind only in the summer time (although it is the weakest wind during the whole year). If the whole year is taken into consideration, the rarest winds are the E and NE winds, as is seen in the table below (Johansson 1924) which shows the prevalence of winds during a whole year in percentage of all winds.

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
13	10	9	12	16	19	11	11

This point, the variation of winds during the summer and the whole year, no doubt partly explains the poor reciprocity of the directions of the crown and the horizontal root system.

The point referred to above, that the older trees showed rather more reciprocity between the directions of the root system and the crown, affords pretty good support for the opinion mentioned above that at a later age, as the stand grows thinner, the wind is more capable of modifying the shape of the crowns.

A cause that certainly often influences the asymmetry of the horizontal root system, lies in mechanical obstacles. A stone or a wall of a rock may thus change the direction of the roots or interrupt their growth. There are several examples of this. It is, however, not always necessary that the change in the direction of roots caused by stones should influence asymmetry, because stones may be found on both sides and thus their influence would be neutralised. The roots also use cracks in stones to their advantage or climb over even fairly high stones, provided these are covered with moss. Sometimes the roots also climb over stumps covered with moss, going up one side and down the other.

No doubt, the root system or the base of a strange tree may be an obstruction to the growth of roots of a given tree, even if they often come up against a strange tree and even underneath it. In examining the root maps of sample trees close to which even-aged or older trees were growing, three groups were distinguished. In the first group those trees were included the horizontal root system of which mainly avoided adjacent trees or dense tree groups; in the second group were included those trees the root system of which partly avoided neighbouring trees or tree groups; and finally the third group included those trees in regard to which no avoidance of the neighbouring trees or tree groups could be determined. The number of trees under examination was 36, of which 3 were spruces. The following results were obtained:

1 group	2 group	3 group
11 trees	15 trees	10 trees

Thus it will be seen that no distinct and general direction in this respect could be proved, which is natural, when it is remembered, how manyou ases influence the development and the direction of a root system. So much can, hcwever, be concluded from the above, *that the horizontal root system develops best on a free site and consequently extends most in places poor in roots, provided other stronger factors do not specially intensify their development otherwise.*

It is also possible that topography influences the direction of root systems. Thus WEAVER (1919) proved that the roots of plants in the gravel-slides in the Rocky Mountains in Colorado spread superficially and are directed for the greater part uphill. The reason for this is said to be the gaining of a stronger foothold. — The present investigation includes a few specimens grown on hill sides. No decided direction due to the inclination of the ground could, however, be noticed on the basis of the sample trees examined. In any case the inclination must be greater than it was on the sites of the trees examined (the grade on sample plot XVII was about 65 cm to a metre) in order that any influence in this respect could be detected.

Finally, one more point of view considered is that *the differences in the amount of plant nutrients in the soil and the moisture may very likely guide the direction of the horizontal root system.* For instance, the first tree on sample plot XIX (map No. 16) may be examined. The main part of the horizontal root system is in the direction NNE. This cannot be explained as being due to an uncommon direction of the wind, or the shape of the crown, nor as being due either to the soil being free for growth. Nor have any mechanical obstacles been the cause of this. If the description of the soil, however, is examined it may throw some light on the question, for the surface soil, which is fine moraine close to the base of the tree, changes at a distance of a few metres to the north into clay which is probably richer in nourishment than the moraine and at any rate keeps the soil under the humus more moist.

A distinct direction of the root system owing to water conditions is found in examining the excavated root system on sample plot XXIX (map No. 26). The tree was growing on a drying moor and the ditch which had caused the drying lies only a few metres from the northern points in the direction ENE—WSW. The main part of the root system tends, as the map indicates, towards the ditch, or in other words towards more favourable moisture conditions. — It should be mentioned, too, that according to KOKKONEN (1923) the roots of moor-pines grow rather towards the ditch than in the opposite direction.

THE BASE FORMATION OF THE HORIZONTAL ROOT SYSTEM.

The horizontal roots of pine very seldom ascend at the base above the ground level and never ascend in the way the roots of large spruces do, which often, starting from the base, grow as much as a metre from the base for the greater part above the ground level.

If the connecting point of the root and the base of the stem is on the ground level, of course, a small descent of the root in regard to the surface results away from the base. This kind of a descent from the base, for instance to the 0.5 m measuring point, cannot, however, be considered characteristic of all horizontal roots. For, if the base of the root is even at a depth of only a couple of centimetres, no descent in regard to the surface is to be fount at the first 0.5 m distance from the stem.

If, on the other hand, the root at the base is deeper, for instance at a depth of 10 cm, an ascent is just as likely as a descent. As an example of this the depth measurements, at the base and at the 0.5 m point, may be taken of a couple of such sample trees in which the bases of the roots reach the ground level comparatively often (first table on page 224).

As a contrast to this descent of the initial part of the root owing to the ascent

of the root neck, it may be mentioned that especially roots starting deep often strive to ascend systematically to the surface. A couple of sample trees of which the same measurements will be given as above may be taken as an example (second table on page 224).

A characteristic feature which immediately attracts attention in examining the bases of the horizontal roots of pine, is their flatness. The diameter in a vertical direction is generally much larger than in a horizontal direction. Although this base flatness of the horizontal roots may be generally known, — it can also be noticed in examining the root system of windfalls — mention of it in literature is seldom found. Vyisotski (1906) observed this feature in the horizontal roots of oak. Cajander (1916), in referring to the plank-like supporting roots of some trees of the virgin forests in southern lands, mention that the Finnish moor-pine has a tendency to similar formations. In the same connection he mentions that the largest roots of very high trees develop very strongly at the base and at the same time take on a high shape, flattened at the sides in order to get the best foothold by using the smallest amount of material. In the work of Kirchner, Loew & Schröter: »Die Coniferen und Gnetaceen Mitteleuropas» an indication is given (according to Mayr) referring only to spruce in this direction (cf. the reference on p. 225). Liese (1926) also mentions the eccentric growth of roots close to the base. In starting to collect the material for the present investigation the base flatness of the roots attracted attention at once, and therefore the base measurements even of the first tree were taken both in a horizontal and vertical direction. The base flatness is also so common that only a few small trees of the total number of sample trees had not got it. The table on page 226 gives an idea of how common this phenomenon is. The table includes all the sample trees, base measurements of the horizontal roots of which were taken to such an extent that they can be said to represent the root system as far as the thickest roots are concerned.

The table shows that $^3/_4$ *of the trees examined had more than half the most important horizontal roots flattened at the base.* The groups with small percentages include primarily small trees, although a couple of representatives of larger diameter classes are present. It should be noted that already among trees 5—10 cm thick the greater part belongs to the groups with a high percentage. Of the trees in the table 8 are spruces and 2 birches. Their placing does not differ in any way from that of pines.

The small horizontal roots of a given tree are generally less frequently flattened than the larger ones, although they, too, have sometimes a board-like basis. — These small roots were excluded from the calculation, owing to the fact that the roots of all sample trees were not taken into consideration in measuring with equal strictness.

In examining the horizontal roots starting deep it will be noted that they are less frequently flattened at the base than those starting closer to the ground surface. The first table on page 227 makes this clear.

It will be seen that approximately as large a number of the roots in question was round as was flattened in a vertical direction. Of the latter, however, 65 % were flattened to some extent, and 35 % to a great extent.

The fact that of the horizontal roots, starting close to the surface, the greater part was flattened, has already been pointed out. A comparison with the roots starting deep is easier, if a similar table is given as of the latter (second table on page 227).

Thus the percentage of roots rounded at the base is much smaller than in the case of roots starting deep, *besides which the surface roots are more flattened;* 55.1 % were

flattened to some extent and 44.9 % to a great extent. It is distinctly noticeable that not only the surface roots become board-like, although this characteristic feature decreases with the depth. This can be seen, in addition to the previous tables, by examining also the base measurements of the horizontal roots of a tree from the surface downwards. Thus we get very generally the following series (table on page 228).

Although considerable fluctuations occur either way, the percentage figure in point has a distinctly ascending tendency with the increase of depth.

The degree of flatness appears also to be dependent on the size of the tree. This is shown in the table on page 229 concerning the flattened horizontal roots beginning at a depth of not more than 21 cm.

The side roots of the horizontal roots may also be flattened at the base, when they start close to the base of the tree.

The horizontal roots may be flattened, too, in a horizontal direction. Although this is not a rare phenomenon, it occurs quite irregularly and is in most cases caused by the pressure of other roots or stones.

The flattening of the roots in a vertical direction referred to does not extend very far from the tree. The first table on page 230 should make this point clear.

It is clear that the flattening at the base terminates very commonly before the 1.5 m measuring point and seldom extends beyond the 3 m point. It should be mentioned further that of the 94 roots, the flattening of which extended beyond 0.5 m but not to 1.5 m, nearly 75 % are rounded already at the 1 m point. Owing to the fact that measurements at the 1 m point were not taken of all roots, this figure, however, could not be shown in the table.

The horizontal roots generally become narrower more rapidly in regard to the vertical diameter than to the horizontal diameter. The rapid rounding of roots is due to this. The tapering of 101 such roots the base flattening of which extended at least to the 0.5 m measuring point was calculated. The vertical diameter was found to diminish more than the horizontal diameter in 79 cases, in 1 case the decrease was the same in both directions, and in 21 cases the horizontal diameter showed a greater reduction than the vertical. The tapering to the 1 m point also distinctly showed the more rapid decrease of the vertical diameter. The second table on page 230 shows the tapering of flattened horizontal roots of three sample trees in cases, in which the flattening extended to the 0.5 m or 1 m measuring points.

The root becomes flattened so that it develops wider annual rings on the upper side than below and at the sides. Thus the pith is left closer to the under surface of the root. Although this point was not specially investigated, it could be observed, when cutting roots.

The flattening of roots at the base is maintained as a means which the tree uses in order to develop a strong foothold for it to endure winds. But the holding and keeping the tree upright is also done by the tap root and also by the central vertical root system as a whole. It might be thought, in consequence, that the flattening at the base should be greatest in the case of trees which have no sturdy support from the tap root. Let us first examine pines, growing on moor land for which the lack of a vertical root system is characteristic. Of trees growing on ordinary moors there are two in the material (sample trees XXVIII, 1 and XXIX, 1). Both of these have all the most important horizontal roots flattened at the base. In the former, which grew on an undrained moor, the flattening was greater. In addition the material comprises

a couple of pines which grew on fairly dry peat land (XXI, 1 and XXI, 2). Of the most important horizontal roots of these 71 and 75 % respectively were flattened at the base, although not to any very great extent. The moister the moor and the poorer the foothold it offers for the tree, the more flattened the roots it seems to develop for the footing, which agrees fully with the observation of CAJANDER mentioned before. — A typical root system on clayey soil (sample tree VI, 1) in which the vertical part was entirely lacking, comprised only 67 % of flattened roots, but $^3/_4$ of them had this property very distinctly marked. Of the horizontal roots of another tree, with a fairly level root system and growing on clay-gravel soil (XVIII, 1), 89 % were flattened at the base. Trees growing on clayey soil do not show any very distinct relation in this problem.

Below the other trees of the material will also be examined of which the necessary data are available. Two groups will be formed, the first consisting of trees having a tap root or a sturdy central vertical root system, the other of trees having no tap root or a weak central vertical root system. A couple of trees representing the intermediate type have been left out. The table on page 233 shows which sample trees are included in each group and what percentage of the most important main horizontal roots (the horizontal diameter of the smallest one included being at least 20 % of the respective measure of the thickest one) was flattened in a vertical direction. The trees have been tabulated according to the breast height diameter starting with the smallest ones.

There is a considerable difference in the average percentage figures in these tables, which shows, *that the horizontal roots are more generally flattened in the case of trees which have no tap root nor any other kind of sturdy vertical root system.*

If the moorland pines are excluded and also those sample trees the breast height diameter of which is less than 5 cm, 6 will be taken out of the first group and 7 of the second group. The material thus formed is more uniform in the respect that only trees grown on firm forest land are compared with each other, and besides the small trees whose flattening of roots, as is seen, is more moderate are excluded. (It should be mentioned, however, that percentages even for the small trees show the same tendency which prevails among the larger trees.) If, besides, the exceptionally round rooted tree XIII, 1 is left out, and the average percentages are taken, we get for the first group 75 % and for the second group 86 %, i.e. the same proportion as before, although less distinct. Thus the horizontal roots of pines on firm forest land are also more frequently flattened at the base in the cases when the tap root is lacking and there is no other sturdy vertical root system.

The trees without a tap root develop their »footing» in another way, too, to become strong, for it can be observed that the horizontal roots of such trees are comparatively thicker at the base than in the case of those having a strong vertical root system to bind them firmly in the ground.

This may be seen, for instance, by comparing the horizontal diameter of the strongest lateral root with the breast height diameter. The table on page 234 shows the relation in percentage of the above mentioned quantities. According to the character of the vertical root system two groups have been formed. Of the sample trees those have been excluded the breast height diameter of which is less than 5 cm. The trees follow each other according to the size of the diameter just mentioned starting from the smallest one.

The tables show clearly that the thickest horizontal root in the first group is, on an average, considerably thinner than in the second group as compared with the breast height diameter. — The difference in the average percentages is considerably increased by the sample trees taken from moors the horizontal diameter of whose thickest roots was in three cases of four larger than the breast height diameter of the tree. If these four sample trees are excluded from the calculation, we have an average percentage of 71 for the second group. As the corresponding percentage figure for the former group remains unchanged at 53, a considerable difference will still be found. Thus it is clear that this feature, the strength of the horizontal roots of trees which have no tap root, does not occur only in moor pines.

It also seems natural that the winds should have some influence on the direction in which the horizontal roots become thicker at the base. In order to decide this 52 of the sample trees were examined which are of importance from this point of view. 6 of the trees were spruces and one birch. For each tree an observation was made as to the side on which the three thickest roots started. The result is shown in the table on page 236.

It can at once be noticed that thick roots were more abundant on the SE and NE sides. These directions had also a more than usually abundant number of the thickest and next thickest roots. The thickness of the roots on the NE side is due to the prevalence of the SW winds, the side opposing the wind being, of course, in need of support. At the same time the thickness of the roots on the SE side was surprising, which is still clearer in the table than on the NE side. It might be expected that the roots on this »quiet wind» side, having a good opportunity of developing their length, should also quietly develop more than usual thickness. The phenomenon is, however, influenced also by another factor. According to a compilation made by JOHANSSON regarding the cities Helsinki, Tampere and Oulu (see CAJANDER, 1916), the NW winds are just as common as the SW winds in the summer. According to BONSDORFF (1917), on the other hand, of all the storms the NW storms were most frequent in the town of Kajaani in the years 1889—1908. It should further be mentioned that the map in question in the revised edition (in course of printing) of the atlas published by the Geographical Society of Finland, shows that NW winds are prevalent in the vicinity of Pielisjärvi.

In addition, it was examined, whether the horizontal roots flattened at the base and the prevailing winds have any connection with each other or not. For this purpose it was noted from which side of the tree three of the most flattened roots started. The total number of trees was 44 of which 4 were spruces and 1 birch. In the case of the smallest trees (breast height diameter less then 5 cm) the direction of only one root was taken. The table on page 237 shows the results.

A glance at the table shows that the most flattened roots are most numerous on the opposite side to the thicker roots. This phenomenon is, no doubt, due to the variable load caused by wind on the roots situated on the opposite sides of the trees. In regard to the table it should be mentioned, too, that the next most flattened and third most flattened roots are abundant on the NW side, as again on the SW side the most flattened roots are in the majority which partly increases the importance of the roots on this side. The first table on page 238 is intended to facilitate the comparison of the two tables last referred to. In it four of the most common representative directions have been taken.

To illustrate the flattening at the base a table will be given showing the average

percentages of flatness according to the points of the compass of the same roots as in the table on page 237.

The roots of pine taper fairly rapidly starting from the base. It has already been stated that the vertical diameter decreases faster than the horizontal. That the latter, too, is reduced very soon close to the tree is shown in the first table on page 239.

Those sample trees (all pines) included in the table, which sent 3 cm thick roots to a considerable distance, were very old trees growing in the open (sample trees VII, 1 and XIV, 1).

The second table on page 239 gives an idea of the tapering in percentage, the figures having been compiled by taking into consideration only the most important roots (the horizontal base diameter of the smallest root included was at least 20 % of the corresponding diameter of the thickest root); in addition those roots were excluded whose starting point was deeper than 21 centimetres.

It is clear that the tapering of the roots from the base to the 0.5 m and the 1 m measuring points is smaller, the larger the trees are. The figures at the 3 m measuring point do not show a similar distinct tendency.

In the diameter classes the variation of the tapering percentages is fairly small, as far as the 0.5 m measuring point is concerned. The percentage figures at the 1 m and 3 m measuring points are more variable, the length of the roots having more influence at these points than closer to the base of the tree. The table on page 240 shows the tapering of horizontal roots of different trees of one diameter class (5—10 cm).

The lines at 1 m and 3 m measuring points lack a few figures owing partly to the fact that the roots did not extend so far, but mostly owing to the fact that measurements were taken at 1.5, 2.5, 3.5 m measuring points and thus cannot be utilised in this connection.

The tapering of the horizontal roots does not vary to any great extent according to the forest type, as is seen in the table on page 241, the figures in which concern all sample trees except those whose breast height diameter is less than 5 cm or over 30 cm.

In comparing the percentage figures with the corresponding average breast height diameters of sample trees we may, however, draw the conclusion, that the *Calluna* type figures would be larger than the others, if the sample trees representing his type were of a larger size. This will be seen, if the percentage figures are dividedtby the average diameter figures, when the following results are obtained:

MT, OMT, OT			VT			CT		
0.5 m	1 m	3 m	0.5 m	1 m	3 m	0.5 m	1 m	3 m
3.32	2.02	0.79	3.40	1.97	1.07	3.90	2.37	1.52

The result thus obtained harmonizes entirely with what follows, where the length of the roots on different forest types is discussed.

THE LENGTH OF INDIVIDUAL ROOTS AND THE TOTAL LENGTH OF THE HORIZONTAL ROOT SYSTEM.

The longest horizontal roots of pine develop on sand heaths. The greatest lengths found were 23.5, 22.0 (VII, 1), 19.5 (XIV, 1) and 17.0 m (XV, 1). It is, of course, not impossible that to some extent longer roots may be found. It should be mentioned, however, that the conditions in the case of sample trees VII, 1 and XIV, 1 were most favourable for the development of long roots. — In literature frequent mention is found of long pine roots on poor sand land. The observations of TH. HARTIG and DANCKELMANN cited on pages 3 and 4, for instance, may be referred to. As far a the measurements in text- and handbooks are given, they do not exceed these. TOLSKI (1905, a), investigating the root system of a pine of over 100 years old grown on a sand dune, measured horizontal roots 14 and even 15 metres long, but not longer.

Further, in examining the root systems of pine developed on different soil, it can be noticed that *the horizonal roots on clayey soil, too, attain a considerable length.* This is proved by sample trees VI, 1 and XIX, 1. The longest roots of the latter were directed to clayey soil, although the tree itself was on moraine soil. The roots of sample tree XVIII, 1 grown on clayey moraine, are also of comparatively great length.

Pines grown on moraine or gravel soil poor in stones, are also able to develop fairly long horizontal roots. Sample trees XXV, 1 and XXX, 1 may be given as examples. *On the contrary the roots on moraine or gravel soil rich in stones remain short.* A good example of this is to be seen in sample trees V, 1 and XXXII, 2.

A rich peat soil, dried to some extent, does not seem to favour long horizontal roots. On the contrary they develop in a poor and wet peat. This is to be seen, if the root systems of sample trees XXI, 1 and XXVIII, 1 are compared. The conclusion is supported by the observations of MELIN (1917) and MULTAMÄKI (1923).

The length reached by the tree roots considerably affects the area of the root system which will be discussed later on. It will be then shown that the degree of quality of forest land, within the limits of similar soils, affects the area in so far as poor land favours an extended root system and vice versa.

It has already been stated that the plentifulness of stones in the soil is an obstacle to the development of long roots. The case is the same on lands rich in roots. Thus, the longest roots are to be found in the case of trees grown in the open, while the roots of trees grown in a group remain comparatively short. For instance, a comparison should be made of the root systems of different trees on sample plot XXVII and also on sample plot II. It should be mentioned, however, that in the densest stands, too, the roots extend some way beyond the crown projection.

The length of roots depends on the age of the tree in so far that, as the age increases, under normal conditions the part of the tree above the ground becomes larger and with it, too, the root system. If, however, the growth of the part above the ground, ceases by force of circumstances, the development of the root system also comes to an end. A small tree has a small root system regardless of age. *The size of the stem and the length of roots, on the contrary, are pretty closely dependent on each other.* Thus, when the long roots, were discussed above it was meant, that they were long as compared with the size of the tree. In the development of the stem at first a slow ascent is found, then a steep one, the attainment of the highest point and then a descent. The same is the case with the root system, as has been already shown, at least as far as the growth

in length is concerned. Whether the development periods of the root and stem are the same was not investigated, but it seems natural that it should be so. In any case the size of the stem is a suitable criterion in comparing the root systems of different sized trees. In addition, the crown should be taken into consideration. A small and poor crown means a smaller root system, when compared with trees of the same size with a good crown. The condition of health of the tree should also be taken into consideration. A damaged tree or one with a dead top is most probably weaker than a healthy one as far as the root system is concerned.

What was said above regarding the length of individual roots, also refers partly to the total length or the sum of the lengths of the horizontal root system. The longer the individual roots, the longer, of course, is their total length. The density of the root system, however, has also a considerable influence on this point.

When a comparison is made of the sums of the lengths of different root systems, several points must be taken into consideration in accordance with the above. Above all it should be mentioned that a comparison should be made only of such trees as grow on places, where the soil is of approximately the same composition. Besides the size of the tree, the size of the crown, its shape and the position of the tree in the stand, should be considered. It should also be noted that the method of digging easily affects the sum of the length. The map of root systems dug only roughly (sample trees VI, 6 and 7, XVI, 1, XVII, 1) hardly represents more than half the length of a root system dug in an ordinary manner. The sum of the length of a number of sample trees is estimated so far that only a portion of the root system is dug and the rest is estimated on that basis. As the figures obtained are consequently not absolute, the accuracy of 0.5 m employed in making measurements on maps should be considered sufficient.

In order to facilitate a convenient comparison of the sums of the length of root systems of trees of different size, they should, as has already been mentioned, be compared with some suitable measure of the tree in question. The volume is not suitable for this purpose, because it increases much more rapidly than the length of the root system. In other words, small trees have many more roots to one cubic unit of the stem than larger trees. The following figures explain this.

Sample tree	Diam. at 1.3 m height, cm	Horiz. roots per 0.01 cbm. of the stem, m	Sample tree	Diam. at 1.3 m height, cm	Horiz. roots per 0.01 cbm. of the stem, m
I, 1	2.7	438.8	XII, 1	7.7	36.5
II, 1	9.0	90.7	XVIII, 1	14.7	10.9
II, 2	14.5	34.5	XIX, 1	28.8	4.0
VII, 1	36.8	18.5			

The trees of the first series are of the *Calluna* type and grew under almost identical conditions. Of the trees of the second series the middle one is of the *Oxalis* type, the rest of the *Oxalis-Myrtillus* type, all grown in approximately similar conditions.

Nor is the length of a tree a good criterion, because it can vary very easily according to the density of the stand and, besides, in the opposite direction to the length of the horizontal root system.

A fairly good criterion is the breast height diameter which seems to develop approxi-

mately in the same manner as the length of the horizontal root system. The position of the tree in a stand also similarly affects both of these. If, for instance, the relation of the breast height diameter of the sample trees mentioned above to the corresponding sum of the length of the horizontal root system is examined, the following table is obtained.

Sample tree	Diam. at 1.3 m height per cent of the sum of the length of the horiz. roots	Sample tree	Diam. at 1.3 m height per cent of the sum of the length of the horiz. roots
I, 1	3.4	XII, 1	13.5
II, 1	4.2	XVIII, 1	12.6
II, 2	7.0	XIX, 1	10.0
VII, 1	2.8		

In the following discussion it has been assumed, on the basis of the foregoing, that the sums of the length of roots vary in the same proportion as the breast height diameters. The sum of the length of the horizontal roots of each tree has been divided by the corresponding breast height diameter and multiplied by 10. Thus it has been reduced to a figure ($a/b \times 10$ in the tables[1] on p. 246, 247, 248 and 250) which shows the total length of the horizontal roots of a tree assumed to be 10 cm in diameter at breast height (presuming that the proportion mentioned above exists).

In the first place the sum of the length of horizontal roots of trees grown on sandy land will be examined according to the forest types. The table on page 246 shows the sample trees in question.

With regard to the trees on *Calluna* type it should be noted that sample trees II, 2, 3 and 4 grew in a fairly dense group; sample tree II, 5 was very lean with a poor crown; sample tree III, 1 had its root system badly damaged by fire and was therefore abnormally small. The figure for the first tree on *Vaccinium* type is doubtful. It was arrived at by multiplying the figure on the root map by 2 (the root system was dug only roughly). The other tree is a fresh seedling grown in full light. The first tree on *Myrtillus* type is one with a very rich crown and is a productive tree, although grown in an enclosed stand. The other one is also grown in a fairly dense stand, but its crown is small and indicates that the growth in height has ceased.

Basing ourselves on the above it may be said that the horizontal root systems of sandy land pines seem able to develop both on Vaccinium *and* Myrtillus *types, when the circumstances are favourable, to their total length equal to that on* Calluna *type. But the total sum of the length of the former types may also fall far short of that of the* Calluna *type.* — The variations within the *Calluna* type are also considerable.

Next (table on page 247), the sum of the length of the horizontal roots will be examined according to sample trees dug on moraine or gravel land poor in stones or on clayey soil.

The tree XX, 2 of the *Calluna* type was an extremely diseased specimen, sample trees XXVII, 4, 5 and 6 grew in a very dense stand. The figure for tree XVII, 1 of the *Vaccinium* type is doubtful; it was arrived at by multiplying the figure from the

[1] In the notes to the tables here mentioned the expression is used »The common length of horiz. roots». It should be »The total length of horiz. roots».

map by 2 (the tree dug only roughly). Sample tree XXX, 1 grew in a very dense stand. The figures for the spruces VI, 6 and 7 of the *Myrtillus* type were arrived at by multiplying by 2 the figure shown by digging (trees dug only roughly). The value (59) for tree XXV, 1 was obtained by rounding the figure 88 shown on the map to 100. This was done, because the part of the root system below the depth of 25 cm was not dug.

Basing ourselves on the table and the remarks made, it will be seen that the total length of the horizontal roots on the Calluna *type, on the soil in question, is to some extent greater than on better types.* The difference between these again is small, but it seems that the total length of horizontal roots decreases slightly towards the *Oxalis* type. The spruces included in the table will be discussed later on.

On moraine or gravel rich in stones sample trees (suitable for use in this connection) are to be found only of *Calluna*, *Vaccinium*, and *Oxalis-Myrtillus* types. The total length of the horizontal roots of these will be found in the table on page 248.

It should be noted that the sample trees IV, 1, 2 and 3 and V, 1 were the first ones dug on stony land, so that it is possible that their root system was not taken out as accurately as was done later. Sample tree XXXII, 2 grew on particularly stony gravel land. As the length of its root system is partly estimated, it is possible that the sum of the length of the roots is slightly too small. In any case it is very low.

Basing ourselves on the above it may be stated that the Calluna *type on moraine rich in stones does not differ quite as distinctly from other types as in the cases previously discussed.* The highest figure indicating the length of the horizontal root system is, however, far above the figures of other types and the lowest one, again, is nowhere near the minimum. On *Vaccinium* type root systems are to be found the sum of whose length is very small, but also such root systems as are fairly extensive. Taken as a whole, there is a slight tendency of the total length of the root system to decrease towards better types although this tendency is fairly weak.

Further the sample trees on moors should be investigated; there are four of these, namely XXI, 1 and 2, XXVIII, 1 and XXIX, 1. The poorest growing site, cottongrass moor, is represented by sample tree XXVIII, 1. The total length of the horizontal root system of this is fairly low compared with others (relative length figure 69). This is partly due to the poor condition of the root system, many of the roots being dead and partly decayed. Owing to the difficulty in digging caused by freezing water in the digging hole, some of the small roots may have been omitted from the map. In any case its length figure is far behind that of sample trees XXI, 1 and XXIX, 1 which grew on drained, the former on good peat land (the relative length figures were 183 and 173 respectively). A remarkable feature of these was the density of the root system, which, in the case of the former, was quite unusual (largest found; 5 m roots to 1 sq. metre). The root system of sample tree XXI, 2 was, probably owing to the neighbouring trees, fairly unimportant, although comparatively dense (relative length figure 59).

A few words should also be said of the spruces included in the last tables. These were included in this connection, because there was reason to believe that they were related to the forest types in the same way as pines. The examination shows that, although there are differences, the relative length figure is generally lower on better types than on poorer ones.

In order to facilitate the comparison of total lengths on different soils, the sample trees on different forest types were divided according to soil in the table on page 250.

Owing to the scarcity of sample trees the best forest types were combined, which is defensible in this case especially as the difference between the total lengths of their root systems is fairly small.

The table shows clearly that the total length of the horizontal root system of pine varies according to the soil.

THE EXTENT OF THE HORIZONTAL ROOT SYSTEM.

An idea of the extent of the horizontal root system of pine, its field of activity, can be formed by imagining a case in which the root system extends 20 metres in each direction measured from the stem. That a root system like this is within the limits of possibility, has already been seen previously. If the field of activity of the root system is taken as a circle, the result is 1256 sq.metres or about $^1/_8$ hectare. Generally, however, it is not quite right to represent the extent of a root system as a circle and often it is not even possible owing to the asymmetry of the root system. Further it should be noted that the root system becomes thinner further away from the stem. Thus large areas often remain between the roots to which their activity does not extend. The extent of the root system was therefore determined in a different way. The whole area in which roots appeared was considered as divided into squares of one sq.metre, which was actually done on most of the sample plots. To the field of activity of the root system every sq.metre was then counted within which roots were found, even if the amount was small. The extent thus arrived at is dependent to some extent on the position of the squares. But it was found from experiments that the different placing of squares even in extreme cases did not cause more than 2 or 3 per cent difference from the average. If, however, the root system in question is small, the differences in the percentage may be greater. For this reason all the root systems, the determination of the original extent of which proved to be less than 30 sq.metres, were calculated as averages of figures obtained, when placing the squares in four different ways. Of the 21 root systems the extent of which was determined in this manner, the original area of 8 remained unchanged, the area of 11 varied by one sq. metre and the area of 3 by 2 sq.metres.

The figures indicating the extent of the root systems are not, with regard to the accuracy of digging, quite as susceptible as the figures for the total length. Thus the figures for the extent of root systems dug only for the main part may be approximately correct. Some entirely dug horizontal roots may also give an idea of the extent of a root system.

As the figures for the extent depend very much on the length of individual roots, many things influence the extent of the root system just as they influence the length of individual roots. Such things are the density of the stand, the extent of the crown and the state of health of the tree.

In examining the figures for the extent it can be noticed at once, that they vary generally in the same direction as the figures representing the total length; the differences in either direction are, however, less abrupt.

A convenient criterion in examining the figures for the extent of root systems of trees of different sizes is the breast height diameter. Divided by this the table on page 252 represents the figures for the extent of sample trees grouped in the same manner as previously the total length. Owing to the similarity of these figures we may assume

that they are related in the same way to the different forest types and soils. *The examination of this table shows at first that the* Calluna *type differs distinctly from others. Its figures for the extent descend only in exceptional cases to the level of other types.* These again may sometimes, for instance on sandy land, equal the extents found on *Calluna* type. The differences between them are not very great. The lessening of the extent of the root system towards *Oxalis* type should be kept as a guide, although it is not quite clearly seen from the figures in the table, for the values on *Vaccinium* type are very often lower than on the *Myrtillus* type. In this respect, however, sample trees VIII, 1 and 2 as well as IX, 1 should be compared with each other. The former sample trees are of *Vaccinium* type and the latter of *Myrtillus* type. It should be noted that the dug out roots are of approximately the same length regardless of the fact that the breast height diameters of the sample trees on *Vaccinium* type were 12.6 and 15.7 respectively and the diameter of the *Myrtillus* type tree 23.0 centimetres. It can be concluded with considerable certainty that in this case the root system on *Vaccinium* type was relatively much more extensive than on the *Myrtillus* type. It should further be noted that sample trees IV, 1, 2, 3, V, 1 and XXX, 1 were trees developed in a very dense stand and had small crowns. Sample trees XVI, 1 and XVII, 1 again were dug only for the main part and thus their extent, too, may be in some measure too small. Sample tree XXXII, 2 the extent of which is estimated to some degree, grew on exceptionally stony gravel land and trees of a corresponding kind were not examined on better types. It should also be mentioned that of the trees of *Myrtillus*, *Oxalis-Myrtillus* and *Oxalis* types not one grew in a very dense stand. The sample trees of these types were also very carefully examined, except sample tree XXV, 1; however, even of this tree the horizontal root system growing close to the surface, or consequently the most important part as far as the extent is concerned, was examined fully. It should be mentioned, besides, that sample trees VI, 1, XVIII, 1 and partially XIX, 1 grew on clayey soil, to which no fully corresponding site can be found on *Vaccinium* type, although clay and moraine or gravel lands poor in stones have been included in the same group.

The spruces included in the table also show a tendency for the horizontal root system to decrease towards better types, although this decrease is not regular. The root systems on *Calluna* and *Vaccinium* types are, however, noticeably larger than the others.

The way in which the sample trees of different forest types are related to different soils, as far as the extent of the root system is concerned, will be seen in the table on page 254. It comprises the same sample trees as the previous table. The sample trees of *Myrtillus* and better types are combined owing to the small number of sample trees found on each of the types.

The table shows that on sandy soils the widest root systems are generally to be found, while the smallest ones are found on moraine and gravel soils, especially on those rich in stones. The clay and moraine or gravel soils poor in stones seem to form an intermediate class.

The root systems on peat lands still remain to be examined, figures concerning them not having been included in the tables last presented. On rich, rather dry peat land, to be included in the *Myrtillus* type (sample plot XXI), the investigated sample trees seem to develop rather small, although dense root systems. The absolute figures for the extent are 49 and 12 sq.metres and the relative figures 36 and 21 sq. m respectively. On the somewhat dry, but poorer moor (sample tree XXIX, 1) the root system is

considerably larger (relative extent 69 sq.m). On moors of almost the same kind, but undrained, (sample tree XXVIII, 1) the root system was comparatively small (relative extent 38 sq.m). This was due, however, to the generally poor condition of the tree and the root system. The tree was very meagre and the root system comprised a number of dead roots.

According to MELLIN (1917) the root systems are more extensive on undrained moors than on drained. This agrees with the observations made on sample plot XXI. The comparatively extensive root system of sample tree XXIX, 1 may be an inheritance from the time previous to draining. And on undrained moors the root systems are probably relatively more extensive than the one of sample tree XXVIII, 1, when a healthier tree is the subject of examination.

The figures in the table on page 255 give an idea of the limits within which the absolute extent of root systems lies.

The root systems of all the trees examined extend far beyond the crown projection, which can easily be seen from the root maps. This is the fact, too, although the conditions for the development of a small root system are most favourable. As a matter of fact root systems of the best grove-forest types were not investigated, but on the basis of the results obtained a considerable difference in the extent of root systems can hardly be presumed. Therefore the observation of PHEIL published in his work »Die Deutsche Holzzucht» on page 398: »Wenn in einem kräftigen Lehmboden die Kiefer mit ihren Wurzeln selten über die Schirmfläche hinausgehet — — —» cannot in any case be applied to our conditions.

THE DENSITY OF THE HORIZONTAL ROOT SYSTEM.

The density of the horizontal root system has been indicated in this investigation by a figure, which shows, what extent of horizontal roots in length units lies on an average within the limits of one square metre. In other words the ratio of the figures showing the total length and the area of the horizontal root system, indicates the density.

As has already been proved, the total length and extent of a root system vary in the same proportion; it can be concluded from this that the density remains approximately constant. This is actually the case. If, first of all, only the figures of firm lands are considered, it can be noted, that the greatest density is 3.2 and the least 1.0. Such extreme figures are rather unusual. The average density of *Calluna* type is 1.9, the density of *Vaccinium* type is the same, and if the three best types investigated are combined, the average density figure will still be 1.9. Taken separately the average density of *Myrtillus* type is 2.1, of *Oxalis-Myrtillus* type 1.5 and of *Oxalis* type 1.9.

In examining the illustrations of the root systems of sample trees VI, 1 and XXIV, 1 (fig. 35, 36 and 57) the conclusion is arrived at that the figures indicating the density of the horizontal root system of trees on clayey land must be exceptionally high. The density of roots close to the base is also extremely great, but did not, at least in the case of sample tree VI, 1, extend further than 1.5 m from the base, thus the density figure for the entire root system was not at all high. The entire root system of sample tree XXIV, 1 was not investigated, but very likely the dense part of the root system did not extend very far in this case either. As the object of such a dense network may be

supposed to be the sucking of the tree firmly into the ground, it is clear that it does not extend very far.

Generally the part of the root system close to the base is denser than the other parts. te therefore influences small root systems more than large ones. If root systems of lxtremely small areas are investigated, such as the areas of sample trees XXII, 1, XI, 1, XXVII, 4 and 6, III, 1, XX, 1 and 2, it will be noticed, that their densities are above the average, or in the order given: 3.2, 3.1, 2.6, 2.7, 2.1, 2.7, 2.1. Such unusually extensive root systems on the other hand, as those of sample trees XXVI, 1, I, 1 and XXXI, 1 are, as far as their density is concerned, below the average. The density figures for the trees mentioned are: 1.4, 1.3, and 1.3. Such a relatively extensive root system as that of sample tree XXVII, 3 is absolutely so small that the dense central root system increases the density (the density of the tree in question is 1.9).

In examining the densities of different sized trees and comparing them with each other, it is easy to notice, *that the density figures for large trees are regularly above the average.* The figures for small trees vary more, but are mostly below the average. This is also shown by the averages in the table on page 257.

The greater density of bigger trees (and at the same time older) is easily understood, if, for instance the root maps of sample trees II, 1 and XIV, 1 (maps Nos. 1 and 10) are compared. For young trees the main roots are a very important part. Later on side roots of increasing order are developed, the gaps in the network become smaller, and thus the density increases.

The sample trees on moors will next be considered. The root system of sample tree XXI, 1 grown on rich, almost dried out peat land is extremely dense, as is seen in map No. 20. The quantity of roots to one square metre is 5.1 metres, a density figure which is considerably higher than that for any tree investigated. When discussing this tree, therefore, the great total length of the horizontal root system does not indicate a correspondingly great extent, as is the case ordinarily. The root system of another tree on the same sample plot is also fairly dense (density 2.8), although it is not nearly comparable with the former one. The neighbouring trees have probably had the effect of making its root system remain one-sided and very small. — A distinct difference in density is to be seen, when the sample trees on moors XXVIII, 1 and XXIX, 1 are compared. The density in the case of the latter, grown close to the ditch, is 2.5 and in the case of the former, which is not influenced by the drainage, is 1.8. A great density is in this case a clear indication of vigour. According to MULTAMÄKI (1923), too, the roots begin to increase in density after drainage.

THE DEPTH OF THE HORIZONTAL ROOT SYSTEM.

In order to be able to compare the depth of horizontal root systems of different trees, some kind of an average depth describing the general level of the root system must be determined. This was determined in such a way that first the average depth of each root was calculated as an average of all the depth measurements concerned, after which the mean of the average depths of different roots was calculated by weighing with the length of roots. This method was used, because the measurements of short roots are comparatively more compact, only the three first measurements of these often being taken (namely at the base, 0.5 m and 1 m points). The measurements of these short roots, often deep going, would have thus weighed more in the average

than the figures for the long roots going close to the surface, which were measured at larger intervals.

Theoretically it may be urged against the average depth value, that it may represent a depth with no roots or only a few. This would be the case, if distinct horizontal root layers could be differentiated. Such layers were, however, not found. A particular root may grow deeper than the rest, but a centralization of several roots into certain depths was seldom noticed. — In examining the average depths of different roots and comparing them with the average depth of the whole root system, it should soon be evident, if the latter indicates such a level at which no roots are to be found. Generally this is not the case. If it were so in some particular case, the average depth anyhow indicates a level, close to which, even if not quite at it, the activity of the roots is centralized.

The average depth of the horizontal root system does not vary within very large limits. Among the trees examined there were only three the figure for the depth of which exceeded 20 cm.

The table on page 259 shows to what a degree the average depth depends on the size of the tree.

On an average the mean depths are to some extent higher in the large diameter classes than in the smaller ones. When the trees have reached a certain size, it looks as if the progress in depth of the root system ceased or was at least retarded. In particular cases, regardless of the general tendency, the average depth of the horizontal roots may be considerable, even in the case of small trees. Thus it should be mentioned, that the largest average depth found was in the case of a tree the breast height diameter of which was only 7.7 cm (sample tree XII, 1). And even still smaller trees (for instance II, 10 and 11) may show average depths of horizontal roots which are fully comparable with the corresponding figure of mature trees grown in similar conditions. Generally it might be assumed that the difference in the average depths between large and small trees would be greater, seeing that the root system of a large tree always reaches deeper and even horizontal roots are to be found at considerable depths. That this is not the case, is due to the fact that big trees, in extending their root system deeper, also widen and increase their horizontal root system to such an extent,that the comparatively deep roots do not influence the average figure very much. The average depth of big trees is reduced to some extent owing to the fact that the depth is measured from the top of the root. The base parts of the horizontal roots are, indeed, often very »high»; the depth would be considerably greater, if it were measured from underneath or from the middle. In the case of small trees, again, the heigh of the roots does not have any considerable influence on the depth measurements. The depth figures given in this investigation represent depths which are measured at the top of roots, and as such, naturally, the figures for both big and small trees are fully comparable with each other.

The relation of the average depth of horizontal root systems to different soils is discussed below. As before, in this respect, too, the soils have been divided into three classes, of which the first comprises sand, the second moraine or gravel poor in stones and clay, and the third moraine or gravel rich in stones. The table on page 261, which represents average figures, makes this point clear.

The sandy land pines are distinctly the most shallow rooted. The other two groups also differ from each other fairly distinctly. The greatest divergence from the average

is in the sample trees on sample plots IV and V, the root systems of which are very superficial, although the soil is moraine very rich in stones.

In examining the influence of forest types on the average depth of a horizontal root system it can first be proved, that the greatest average depths were found on *Oxalis-Myrtillus* and *Myrtillus* types (sample trees XII, 1 and IX, 1) and the least on *Calluna* type (sample trees II, 8 and 9). If it is observed, in what way the sample trees referred to in the table just mentioned are related in regard to the depth of the horizontal root system to the mean averages in the table, the result is as follows:

Forest type	Number of sample trees in regard to average depth	
	above the average of the diam. class	below the average of the diam. class
MT, OMT, OT	8	2
VT	7	7
CT	10	16

In this table those trees have been reckoned as above the average, which alone represent an average in the table referredto (class 15—20, sand; class 10—15 and 20 —, moraine poor in stones etc.), as the figures for their depth as compared with the neighbouring classes are very high. According to the above figures the *Vaccinium* type most frequently approaches the average figure, the *Calluna* type is below, and the *Myrtillus* and better types above the average. This assumption is supported by the table on page 262, which represents the mean average depth figures of different forest types classified according to the size of sample trees and the kind of soil.

Exceptions are seen in the table in both directions, but *the main tendency is, nevertheless, a deeper extension of the horizontal root system towards the better forest types.*

The figures in the last table do not include particulars of trees from moor lands. These are discussed separately below. On rich and fairly dry peat land (sample plot XXI) an average depth of 12.1 and 5.2 cm was arrived at (sample trees 1 and 2). On just drying moor (sample plot XXIX) the depth is 8.5 cm and on undrained moor (sample plot XXVIII) 10—15 cm. On the growing site first mentioned the roots have the best chance of developing in depth, as the ground water level is at a depth of 0.5 m. The level of the horizontal roots is, however, not very deep. On the other hand it should be remembered that some of the vertical roots penetrated to a depth of even 50 cm. On the growing site mentioned next (sample plot XXIX) no vertical roots were found, and even the horizontal roots were rather shallow. This is probably due to the shrinkage of the surface layers caused by drying. The average depth was even greater on sample plot XXVIII in spite of the fact, that the ground water here almost reached the ground level. — It should be mentioned that the determination of depth on moor land is difficult. The figures given are not based on measurements made at regular intervals (see the description of the sample plots).

Let us next examine the layers of soil into which the horizontal root system of pine on firm forest lands principally extends. — At the time of digging in connection with the depth measuring of the roots no notes regarding the soil layers could be made; it would have been to laborious. The examination must therefore be made by comparing the average depths of the root systems with the depths of the soil layers which

were noted in making descriptions of the sample plots. Consideration may also be given to the average depth of individual roots.

It should be mentioned first that the roots of only very small seedlings are principally in the humus (see sample trees XXIII, 3 and XXXI, 1). This is natural, when we remember how thin the humus layer in our forests generally is. On the areas investigated the thickness of this layer is seldom 10 cm or more (see sample plots XXV and XXX), generally it is less than 5 cm. Individual roots, even of large trees, may grow in the main in humus (see sample trees XVIII, 1, XIX, 1, XXV, 1 and XXX, 1). — In the literature on this subject observations are to be found pointing to the fact that the roots of trees tend to avoid the washed light coloured soil layer, horizon $A_{1,2}$ (e.g. TAMM, 1920). This cannot be noticed in examining the material available. In the present examination there are 49 such sample trees which grew on places, where horizon $A_{1,2}$ was to be found. Of these, 23 had a smaller average depth than the sum of the thickness of humus and horizon $A_{1,2}$. Consequently the horizontal root system extended into the horizon $A_{1,2}$, because, as was seen above, the roots grew to their total length in humus only in exceptional cases. Of course, a part of the roots of these 23 trees also grew below the horizon $A_{1,2}$ in the brown coloured layer, horizon B. — It should be mentioned, that these trees included also more developed trees (the breast height diameter of 35 per cent of the trees was 10 cm or more). According to the above it can be concluded that the horizontal roots of pine do not, to any great extent, avoid the horizon $A_{1,2}$. This agrees fully with the experience gained during the field work.

Of the 49 trees on the site of which horizon $A_{1,2}$ was to be found, the average depth of the horizontal root system of 26 trees was greater than the sum of the thickness of humus and horizon $A_{1,2}$. In these cases the average depths were in the horizon B. As, however, the average depths were often close to the lower level of the horizon $A_{1,2}$, it is certain that a considerable part of the root in question was in the horizon $A_{1,2}$. As regards size it may be mentioned, that 54 per cent of the sample trees were 10 cm or more at breast height. — HESSELMAN (1910) in investigating the conditions on dry pine heaths in Northern Sweden came to the conclusion that the root system of pine in conditions stated is for the main part in the horizon $A_{1,2}$ and B, a statement with which what is said above fully agrees.

Horizontal roots are found deeper than the brown layer, but in no case is the average depth of the horizontal root system even close to the lower level of the brown layer.

On clayey soils the root system extends into the humus and the humus-like layer underneath it.

The vertical or deep-root system.

THE TAP ROOT.

The vertical root system of pine is the part of the root system which differentiates the pine from other native tree species. This difference is commonly known by the people. Naturally, the tap root, above all, is apt to attract attention.

In text- and handbooks, too, the tap root of pine is always mentioned. In addition

it is generally known that pine does not develop a tap root on moors or dense clayey soils and also that on moraine or gravel soil a regular tap root cannot develop.

HAASIS (1921) came to conclusions altogether different from these observations in studying the relation between the soil type and root form of seedlings of *Pinus ponderosa* in Arizona. There it was observed that the tap root reaches the greatest depth in clayey soil and also penetrates fairly deep in gravelly soil, the reason for this in both cases being ascribed to the rapid drying of the surface soil. It is worth mentioning that the species referred to has, according to HAASIS, generally a very distinct, deep-growing tap root. — The observations of KOKKONEN (1923) show that the moor-pines, too, may have a tap root, although in most cases a rudimentary one. He observed that this is the case, especially when there is an old stump or other debris of trees under the base of the tree.

According to the literature on this subject the tap root is most common and typically formed in Central Europe. The Russian investigations also show that the tap root of pine is an ordinary type of root system there. — On the contrary, observations were made by us according to which the tap root does not form always, even if the soil conditions present no obstacles. For instance, CAJANDER (1917) mentions that pine, even on the driest and poorest heaths in Suomi (Finland), particularly if the ground has been without forest growth for a long time, does not develop an ordinary tap root, and adds, that the pine on the predominating forest types in North-Suomi does not develop a distinct tap root either. — RUBNER, travelling in this country in 1923, also made observations of the pine root systems and wrote: »Erwähnenswert ist auch ihre unterschiedliche Ausbildung der Wurzel; so fand ich schon in Südfinnland in sehr vielen Fällen keinerlei Pfahlwurzelbildung, sondern höchstens Herzwurzeln.» AALTONEN (1920, a), while investigating the root systems of pine on the sandy heaths in Lappi (Lapland), came to the conclusion that the tap root is not rare, although it does not occur regularly. It is more common in the case of small trees than of larger ones (about 50 per cent of the pines investigated under 1.5 m in height had a distinct tap root). It should be mentioned, too, that HESSELMAN (1910) gives it as his opinion that the tap root does not belong to the ordinary root formation of pine in North-Sweden. TAMM (1920), however, often found pines even in North-Sweden with tap roots on lands, where the hardpan layer had not proved an obstacle to their development.

From the observations described above the conclusion may be drawn that pine without a tap root is not a rarity even in the forests of the southern half of Suomi (Finland), even in cases in which no mechanical obstacles have disturbed the development of the root system.

142 of the pine sample trees may be used to explain the situation. If by a tap root a predominating root among the other vertical roots is meant, growing at least some distance (at least a distance of twice the diameter of the base of the tree) in a vertical direction and without branching, we obtain, by classifying the sample trees according to the quality of land and the breast height diameter, the table on page 266. [The last figures in the second column of this table should be 3 (3) instead of 1 (1).] Sample trees from clayey and peat soils have, however, been omitted from the table.

In examining the table (the figures in brackets will be discussed later on) it is easily seen, that small trees have a tap root more often than large ones. The observation agrees with the result of AALTONEN (1920, a) concerning the pines in Lappi. This

is easily intelligible, if we imagine, for instance, a tap root of a small tree which has turned to one side at a depth of a few decimetres. When the tree develops and the horizontal roots reach considerable dimensions, the original tap root disappears. — The table also shows that a tap root is more common on sandy land than on moraine or gravel soils. The difference is, however, not very big; in the diameter classes 0—5 cm and 5—10 cm even more tap roots have been found on moraines rich in stones than on sandy soils. Whether there is a difference between moraine or gravel soils rich in stones and poor in stones, in this respect or not, it was impossible to determine from the material available. — Of all the trees included in the table 64 per cent had a tap root and in the case of 36 per cent it was absent.

If the typical shape of a tap root is kept as a standard and it is maintained, that it must be vertical in its whole length and that it cannot branch until the very end, we come to quite different figures than those mentioned previously. These figures are given in the same table in brackets. It should be stated that the difference between small and large trees becomes less distinct. Of the three largest diameter classes on moraines rich in stones it must be said, that the figures do not give quite a correct idea of the prevalence of the tap root. The larger part of the trees of these diameter classes are, indeed, windfalls from sample plot XI a, and it is quite possible to suppose that the storm had blown over a greater number of such trees as had no ordinary tap root. On the other hand it must be admitted that even such a root system as is found in the case of sample trees XI a, 11 and 15 (fig. 40 and 41), is capable of keeping the tree firmly in the ground. — If the figures in the table printed in brackets are taken into consideration, we obtain the result, that 38 per cent of the trees have a tap root, while 62 per cent have none.

In different soils the tap root has, of course, different possibilities of development, and it is shaped already somewhat differently, for instance on sandy soil than on moraines. On moraines or gravel, as an example, such a regular and dominant type of root is very seldom found as, for instance, that possessed by the sandy soil sample trees III, 1 and 3 (fig. 4 and 31). These should be compared with some of the distinct tap roots on moraines, for instance sample trees XI a, 24 and XXIII, 1 (fig. 43 and 56). It should be mentioned, however, that the tap root may develop to be irregular in shape on sandy soil, too, as is seen in fig. 30 illustrating the root system of sample tree III, 2.

The possibilities of development of a tap root on clayey and peat soil is next considered. It is clear in advance that on clayey soil the dense soil and on peat land the generally high level of the ground water present difficulties for the development of a tap root. On clayey land 8 sample trees were investigated in this respect. Two of these had a distinct tap root, namely sample trees VI, 5 and XVIII, 3 (fig. 51 illustrates the latter). Further, two of the trees had some kind of a beginning of a tap root, namely sample trees VI, 2 and XVIII, 1 (fig. 50 is an illustration of the latter). The others, on the contrary, had a flat root system at the bottom, such as is seen in fig. 35. Now, it should be noted that the soil on sample plot XVIII was not pure clay, but dense moraine mixed with clay. Besides, it should be mentioned that sample tree VI, 5 grew on the side of a small depression in the ground, and thus it was at any rate not affected by the surface water, as was sometimes the case with other trees of sample plot VI growing right in this hollow. Also, the clay here was less dense. On the whole, basing ourselves on the above, it may be said that even on clayey soil in favourable

circumstances a tap root may develop, or at least some kind of a beginning a tap root.

From peat soils four sample trees were investigated, none of which had a tap root, nor a remnant or a beginning of a tap root.

The tap root generally ends pretty abruptly, spreading into many branches which in turn branch abundantly, but do not extend very far. Sample trees III, 1, III, 3, XI a, 24 and XXIII, 1 (fig. 4, 31, 43 and 56) are very typical in this respect, for instance. It happens sometimes, however, that the tap root or one of its branches seems to change its character and starts penetrating without taper into the soil. As examples of this the otherwise very typical tap roots of sample trees XII, 1 and XV, 1 (fig. 45 and 49) may be mentioned. The branching of a tap root at the end is the cause of its seldom reaching any great depth, even if the soil is no obstacle to its penetration downward. Thus the tap roots of sample trees III, 1, 2, 3 reached a depth of only 1.5 m, although some of the other vertical roots penetrated to a depth of over 3 m. This fact, viz., that the tap roots are not generally the most deeply penetrating roots, was also observed by Tolski (1904; 1905, a) in investigating the root systems of pine in the government of Samara in Russia. — The end branching in the case of productive trees is abundant and dense, in the case of poor growing trees it is hardly worth mentioning. A comparison may be made on the one hand, for instance, of the root systems of sample trees XV, 1 and XXIII, 1 (fig. 49 and 56), and on the other hand of sample trees XX, 2 and XVIII, 3 (fig. 19 and 51).

THE INNER VERTICAL ROOT SYSTEM.

In comparison to the attention that has been devoted to the tap root, the rest of the vertical root system has been rather neglected. The text books and handbooks generally do not mention them. Some of the root investigators have, however, paid some attention to them. Thus, for instance, Tolski and Albert, as well as Liese, made observations concerning them. Albert refers to them as »Senkerwurzel», Liese as »Abläufer».

In the present investigation these roots are divided into two quality classes according to their position in such a way that those close to the base of the tree form one class, and those further off another. The former, described as the *inner vertical roots*, will be considered first. They are in many ways similar to the tap root and seem in some cases to replace it and in others to assist its activity. Thus they form, in a way, one unit with the tap root, which in this investigation is called the *central vertical root system*. For the same purpose Liese uses the very illustrative name of »Wurzelstativ». The inner vertical roots differ from the tap root, among other things, in such a way that they seldom send forth horizontal branches extending to any great distance. Thus it only happened once that one of these branches had to be marked on the map.

The inner vertical roots may attain a considerable thickness, especially when the tap root is absent (e.g., sample tree II, 2, fig. 1) or divides into many branches. Numerous examples of the latter case are found in the sample trees on moraine rich in stones, for instance XI a, 6, 11 and 15 (fig. 39, 40 and 41). When, however, the tap root is worth considering, the inner vertical roots are thin by comparison. Sample trees III, 1 and 2 should be referred to (fig. 4 and 31). Such roots differ as regards quality. There are some that soon spread into a broom or fan like formation, and some that

penetrate into the ground almost unbranched. The former are found both on moraine, and sand and even on clayey soils, the latter only on sandy soils. As examples of the former we may mention from sand soil sample tree III, 3 (fig. 31), from moraine sample tree XI a, 15 (fig. 41) and from clayey soil sample tree VI, 5; and of the latter sample tree III, 1 (fig. 4). It may also happen that one of the lowest branches of a broom like formation starts growing straight down almost unbranched. An example of this is seen in fig. 49 (sample tree XV, 1, the vertical root on the right of the illustration).

The inner vertical roots often end, when they have not penetrated very deep, in a peculiar, flat, fan like bunch. These have been found principally on sandy soils. Fig. 29 gives an idea of such formations. The end bunches in the illustration belong to sample trees II, 7 and III, 1 taken at a depth of 40—70 cm. The numerous growing tips, which had been white and juicy, were dried up at the time the picture was taken and thus the »fans» do not appear as dense and beautiful as they were in nature. The bunches were flattened in a vertical plane. There was nothing in the soil that could be considered as a cause of this flattening; a fully homogeneous sand surrounded the parts of such roots. The »fans» are not unknown in other places, too. Thus TOLSKI (1905, a) observed them in pines on sand soil in South-Eastern Russia. ZIMMERMANN (1908) who investigated the causes of pines dying out on the heaths of Lüneburg, gives illustrations of root systems of pine. Similar fan like formations to those described above are to be seen in these illustrations. LIESE (1926) also found similar bunches in pine in Eberswalde. Bunches were found at the ends of both the tap root and the inner vertical roots. LIESE mentions that the explanation that the phenomenon is due to the position of nutriment or to hatchet planting, is wrong. He himself explains it by basing himself on the number of xylem strands. As the tap root from a certain depth downwards is diarch like all side roots, it follows that the branches place themselves on both sides of the root in the same plane. The explanation seems to be sound in so far as it is difficult even to imagine the phenomenon to be due to outside causes in such conditions as, for instance, on sample plot II. It should be noted, however, that fans were not found to any great extent in tap roots, nor so distinct on other soils as on sand.

The depth of the inner vertical roots depends to a great extent on the soil. The greatest depths are found on sand soils. And in that case the vertical penetration depends on the ground water level. It seems as if the pine, indeed, were trying in most cases to reach the ground water by using the inner vertical roots. And on sand lands the pine often succeeds in this. The greatest depth to which a vertical root was followed was 315 cm. The ground water was at a depth of 270 cm during the digging, but it is possible that it was higher than usual after the rainy summer (1923). The tree referred to was sample tree III, 1. The vertical roots of the following sample trees were followed to a depth of about 2 m: II, 2, 7, 8, XV, 1. In each case the ground water was reached, below which level the roots penetrated to some distance (the root of sample tree II, 2 46 cm). Below the ground water level, or the last 30—40 cm of the depth measurement, the roots are very crooked and only penetrate gradually into the ground. It should also be mentioned that the length of such roots is much greater than the depth they reach owing to their crookedness. It is very likely that the vertical roots of pine may penetrate deeper on sand soil than the measurement mentioned above indicates, provided that the ground water is so deep. TOLSKI (1905, a) investigated a root system of pine in the government of Samara in Russia, the vertical roots

of which even penetrated to a depth of 4 m. The tree was 110 years old, the soil sand which later on changed to marly clay. The ground water was stated to be 475 cm below the surface. VYISOTSKI (1899) found roots of trees in South Russia at a depth of 8 m, and (1906) observed roots of oak in Central Russia to penetrate to a depth of 4 metres. In addition it should be mentioned that CANNON (1911) proved in Arizona that roots of a *Populus*-species reached a depth of 8 m, and that LIESE (1926) states that at the College of Eberswalde a piece of pine tap root is preserved which was taken from a depth of 6 m. The above observations support the assumption that the roots of pine, even on sand heaths in Suomi (Finland), may reach the ground water at quite great depths.

The situation is altogether different on moraine and gravel soil. The depths reached are fairly small, and the level of the whole central vertical root system is often the same. The »bottom» of the root system is thus more or less level (examples: sample trees XIX, 1, XIII, 1 and XI a, 11; fig. 53, 46 and 40). In most of the cases investigated the root system does not even reach a depth of 1 m. Such depths as are found on sample plot XII (the greatest depth 132 cm) are unusual. — On moraines and gravel poor in stones, however, the vertical roots seem able to reach considerable depth measurements. Thus the tap root of sample tree XVII, 1 had almost certainly a depth of at least 1.5 m.

On moraine and gravel soils the roots did not reach the ground water in a single case. The nature of their growth, too, is such that it does not show any tendency towards deep penetration. A root richly branched does not attain a great length, whether it is a vertical or a horizontal root. Vertical roots on moraine and gravel soils are, as a glance at the illustrations shows, very branching, particularly on soils rich in stones.

That inner vertical roots (also a tap root) may be found even on clayey soil is shown by sample tree VI, 5, which had a number of roots thick at the base close to the tree, but which soon divided into broom like shapes. An investigation by HEIKINHEIMO (1926) has shown that the root system of larch on a very dense clayey soil extends flat root fans shaped like a moose's horn, of which the longest reach a depth of 90 cm. This stand is an old and well-grown larch stand in Raivola. The flatness of the root fans is, according to HEIKINHEIMO, due to the fact that they have penetrated through the cracks of mineral soil.

Inner vertical roots on peat land are found, of course, only when the ground water is deep enough. Thus on sample plot XXI, where the ground water was at a depth of 0.5 m, a few inner vertical roots were found which penetrated even a little below the ground water level. On the wetter sample plots XXVIII and XXIX, on the contrary, not even small vertical roots were found. According to an investigation by KOKKONEN (1923), the lowest level of the root system follows the ground water level on moors.

THE SCATTERED VERTICAL ROOT SYSTEM.

The least amount of attention has been given the vertical branches of horizontal roots found at a considerable distance from the tree, the scattered vertical roots. TOLSKI (1905, a) mentions that they are found, when the ground water level is close to the surface, in which case the side roots of the long horizontal roots turn downwards at a certain distance from each other. LIESE (1926) found that such roots started

from horizontal roots of old trees at distances up to 6—8 metres from the base of the tree.

The trees investigated were found to have scattered vertical roots on all kinds of soil (not, however, on moors and dense clay soil) irrespective of the ground water level. These were also found at considerable distances from the base, as, for instance, map No. 10 shows. Thus, as measured along the root, one scattered vertical root was found at a distance of 18 m from the base of the tree.

Such roots (among which are included the parts of horizontal roots turned downward) may attain considerable depth measurements and often penetrate on sand soil down to the ground water (e.g., sample trees II, 7 and 8, III, 1, VII, 1, XIV, 1 and XV, 1). On moraines the scattered vertical roots may attain the same depth level as the central vertical roots, but it was not found that they penetrated deeper.

The scattered vertical roots are generally slight as far as the dimensions of their thickness are concerned, even when it is a case of a mature tree. Thus, scattered vertical roots with a base diameter of 2 cm are unusual. The thickest one found belonged to sample tree XIX, 1 starting at a distance of about 1.5 m from the base of the tree; its base diameters were 39×50 mm. It should be mentioned that these roots sometimes develop to a greater thickness at the base than their horizontal parent root.

As far as their appearance is concerned it should be noted that scattered vertical roots appear mostly in groups. There may be over ten at intervals of a few centimetres starting from the same horizontal root, as fig. 53 shows (sample tree XIX, 1). It should also be noted that the groups mentioned are often composed of vertical branches of different roots. This occurs even in the case mentioned above (see root map No. 16), and other root maps show a number of these groups. The further point is of considerable interest, that roots of different trees may belong to the groups of scattered vertical roots, and even roots of different tree species and shrubs. Such groups were found (in some cases the inner vertical roots are a part of the group) on sample plots I, II, III, and XV. According to these facts it seems that there must be a cause influencing the nature of the appearance of the scattered vertical roots. An indication of the explanation of this is already to be had from the fact, that it can often be observed that the vertical root starts at an old, decayed stump and penetrates downwards along a decayed root or a channel left behind. In addition decayed pieces of roots are often found close to the vertical root, even if no indication of a stump or an old root is found at the surface. Such a case has also been observed, (sample tree II, 8) in which the root penetrating downwards grew for a whole metre inside an old, decayed root, the bark of which, however, had been preserved. This kind of growth inside a »tube» was found on several sample plots, although the tube had not been preserved for quite the same distance.

According to these observations one is compelled to conclude, *that scattered vertical roots develop primarily at the places of old stumps.* The conclusion is based on observations made on sand soil, but is probably correct also regarding other kinds of soil.

In regard to the shape of the scattered vertical roots it may be mentioned that on sandy soil the branching is limited and the branches grow downwards in the same rut as the main root. A characteristic feature is the rope-like form of the roots; the tapering is hardly noticeable for considerable distances. On moraines such roots are often stiffer, they taper faster and often end in a broom-like bunch. In many cases their direction is to some extent oblique.

It was pointed out earlier that the vertical roots may sometimes be directed upwards. These are generally deep growing branches of horizontal roots which strive towards the surface and continue to grow in a horizontal direction on coming close to the surface. These kinds of roots are rather unusual. Examples especially observed were found on sample plots IV and VII. The roots from which they started were at a depth of 30—40 cm.

FORMS OF THE CENTRAL ROOT SYSTEM.

To the central root system belong, according to the definition given above, both the central vertical root system (the tap root and the inner vertical roots) and the part of the horizontal root system close to the base, in other words that part of the root system which is to be seen in a photograph of a rootstock.

As the different parts of the vertical root system have been discussed above, it is worth while investigating the above entirety, the central root system, which may develop very differently according to circumstances. Certain types may, however, be distinguished, which are characteristic of definite conditions. The following is a short description of them. 1) A distinct tap root alone, no inner vertical roots. 2) A distinct tap root has remained, but besides it inner vertical roots develop, which may attain a greater depth than the tap root itself. 3) The tap root has disappeared, but the inner vertical roots are well developed. 4) The tap root has disappeared or is dwarfed, inner vertical roots have not developed. 5) The tap root has turned aside, being often the beginning for a deep-going horizontal root. 6) A few (2—6) sturdy roots, starting at the base or close to it, penetrate as stout roots, branching only a little, straight down until they end almost abruptly dividing into many small branches. This form of root system could be called a pillar root system. 7) Several roots, starting at the base or near the base, grow partly straight down, partly in an oblique direction, branching and forking and being often crooked, so that a mixed cluster develops, in which it is very difficult or even impossible to distinguish a dominant root. This might appropriately be called a tangled root system. 8) If the root system described above has, however, a distinct dominant root in the centre, we might speak of a partly tangled root system.

The former type of root system is common for seedlings on sand heaths or for small trees almost irrespective of the soil; even on moraines very rich in stones the root type referred to may be found. Young trees may also have such a simple root system, but more developed trees seldom. Figures 8, 45, 11, 19, 24 should be consulted (sample trees XI, 14, XII, 1, XIII, 19, XX, 2, XXVII, 8).

The second and third type of root system, a tap root with inner horizontal roots, or inner horizontal roots without a tap root, are most characteristic on sand soils; they do not occur in the seedling stage. Good examples are seen in sample trees III, 1, 2, 3 and II, 2 (fig. 4, 30, 31, 1). Sample tree II, 7 (fig. 3) should also be included in the same group, although its tap root already branches almost at the base and thus loses its original character. Although not quite so characteristic, root systems of this group also occur on moraines, even when they are rich in stones. Sample tree XXIII, 1 (fig. 56) and sample tree XI a, 6 (fig. 39) are good examples. The description of sample tree VI, 5 shows that even on clayey soil, when it is not very dense, a root system of this type may occur.

The fourth case, a missing or dwarfed central root system, occurs as a rule on dense clayey soils and on moors, when the ground water level is close to the surface. This type is not, however, unusual on sandy soil, too, (sample trees II, 1 and 3; see fig. 2); it is also found on moraines and gravel lands (sample trees IV, 1, XVII, 2, XI a, 27; fig. 44 belongs to the latter). The tap root may disappear already in the seedling stage, and as any other kinds of deep-roots are also rare at this stage, such seedlings belong to this type of root system. In this connection only a couple of such small trees are given as examples the illustration of the central root system of which has been printed, viz., sample trees XIII, 22 and XXVII, 9 (fig. 12 and 25).

The fifth type of root system, a tap root turned to one side, is very common on moraines. Of more developed trees we need only mention sample trees XIII, 2, XXVII, 6, XXXII, 1 (on gravel land) (fig. 47, 59, 60), and of small trees XI, 12 and XXVII, 12 (fig. 7 and 26). On sandy soil, too, there is a great number of trees the tap root of which has turned to one side either close to the base or at a short distance from it. Of mature trees sample tree XVI, 1 belongs to this group. Generally this type of root system is more common in the case of small trees than of large ones. Once it has turned aside, it seems, indeed, as if the tap root becomes more and more like a horizontal root and finally the character of a tap root disappears entirely. In the case of mature trees this change is complete, among small trees it is often in course of formation. Such root systems as those of sample trees II, 1, II, 3 (fig. 2), XXVII, 4 (fig. 58) and IV, 1 have certainly developed in this way.

The sixth type of root system described as the pillar root system, is found in the case of mature trees on moraines. Sample trees V, 1 and XIII, 1, XI a, 19 (fig. 34, 46 and 42) are suitable for examples.

A tangled root system, the next type of central root system, is very common on moraines, but is only found in the case of older trees. Sample trees XI, 1 and XI a, 11 (fig. 38 and 40) may be mentioned as examples. Strange to say, a similar, fairly typical tangled root system was also dug from a sandy soil, viz., the root system of sample tree XXII, 1 (fig. 55). It should be stated, however, that stones of different sizes were found in the sand, and, what is most important, a dense, stone gravel started already at a depth of 80 cm. The fairly close dense layer appears to have influenced the exceptional change of the root system from the ordinary tap root type.

The last type of root system, a partly tangled root system, is also found primarily on moraines. It is also a type of root system occurring in the case of mature trees. Sample trees XIX, 1 and XI a, 15 (fig. 52 and 41) may be cited as examples.

It is obvious that the 8 types of root systems cannot include all the root systems in existence. No doubt, there are root systems which it is difficult to refer to any one of these type classes. In spite of this they are apt to make clear the idea of the central root systems of pine and in a way they assemble the facts recorded earlier in regard to them.

It can be said that all the types of root systems described are found in normally developed pines. None of them, therefore, indicates an unfavourable growing condition. On the other hand it must be admitted that an abundant and vigorous root system, of whatever type it may be, generally belongs to a tree, the part of which standing above the surface is well developed. The well known adaptability of pine is very plainly seen in this. The vertical root system is necessary and useful to it, but if circumstances restrict its development, the pine is able to arrange the duties of a vertical

root system in an other way. It is a peculiar thing that the pine on a dry and poor heath may thrive and grow excellently according to the circumstances at least to an age of 40 years, although at the same time its neighbours extend their roots down to the ground water. Sample trees II, 1 and particularly II, 3 were such trees.

On clayey and rich peat land it seems as if the missing vertical root system were replaced by a very well developed, dense horizontal root system around the base. Fig. 35, 36, 57 and map No. 20 (sample trees VI, 1, XXIV, 1 and XXI, 1) should be consulted. It should be noted that sample tree VI, 5 which grew on clayey soil and had vertical root system, had no equally dense horizontal root system around the base as sample tree VI, 1, the vertical roots of which were entirely absent.

Discussion of the root system as a whole.

THE CUBIC CONTENTS OF THE ROOT SYSTEM.

The cubic contents of roots were determined in instalments. The length of the pieces was determined by the distances from the base at which the diameters and depths of the roots had been measured. The pieces the cubic contents of which were to be determined in the case of horizontal roots, were mostly, counting from the base, 0.5 m, 0.5 m, 2 m, 2 m, etc. in length, but often, according to the size of the tree, a piece 1 m in length was the longest used. The cubic contents of the base part, which is the most important in this respect, were thus most accurately determined. The volume of each piece was determined by using the diameters at either end (SMALIANS' formula). The volume of the base piece is a little too large in this way, but as the piece is rather short, the excess cannot be of any great extent. On the other hand it should be noted that the volume would give too small values, if the middle diameter were used (HUBERS' formula). Consequently the former formula was used for preference, which to some extent equalises the decrease in volume, this being possible owing to broken roots. — The determination of the volume of vertical roots varied a little owing to the character of the roots.

The volume of the vertical root system, even if the base of the stump was included, was generally less than the volume of the horizontal root system. The proportion between these volumes is influenced, of course, very much by the type of root system. Some idea of this proportion may, however, be gained from the table on page 280.

The first column includes those trees (excepting one) that had no ordinary vertical root system. The volume of the vertical root system of two trees is larger than that of the horizontal root system. One of these trees was sample tree XIII, 1 the pillar root system of which was exceptionally sturdy, but the horizontal roots at the base unusually thin (see fig. 46). The other one is a dying sample tree XX, 2, the volume of the vertical root system of which is fairly regular, but the horizontal roots, in every case, very thin. Fig. 19 gives a good idea of the relation between the volumes of the vertical and horizontal root systems of this tree.

In absolute figures the volume of the root systems naturally varies within very wide limits owing to the size of the tree. It should be mentioned that the largest volume of a root system was 0.1575 cbm., but the stem of this sample tree was also largest, viz., 0.7108 cbm.

In investigating the volume of a root system in percentage of the value of the

stem it is seen in the first place, that in no single instance was the volume of the root systems of pine sample trees (the root system of which was cubed) larger than the volume of the corresponding stem. The largest proved percentage (the volume of the root system in percentage of the volume of the stem) was 94.8 (sample tree XXIX, 1, locality drained moor) and the smallest 15.0 (sample tree XXXII, 1, locality stony gravel of *Vaccinium* type). The next largest percentage was 86.6 and the next smallest 15.5 (sample trees respectively XXVII, 2, moraine of *Calluna* type; XXII, 1, sandy land of *Myrtillus* type).

The table on page 281 shows how the size of a tree affects the ratio of the volume of the root system to the volume of the stem.

The table is based on all the trees, the volume of the root system of which was determined. If only the *Calluna* type, of which there are most sample trees, is taken into consideration, we get the table on page 282.

A fairly pronounced decreasing tendency is to be noticed towards the larger diameter classes. The same tendency is found, when investigating the sample trees of the *Myrtillus* and better types, and also to some extent on the *Vaccinium* type. In other words, *large trees have comparatively less roots, as regards volume, than small trees.*

The influence of the soil on the relative extent of the volume of the root system is difficult to prove owing to the small number of sample trees, and besides the influence of the density of the stand is a disturbing factor. In any case the difference between moraines and sandy soils, for instance, is not so noticeable, as it is, when the total length of the root system or its total area is concerned. The percentages on peat land seem to be larger than ordinarily and also those on clayey soil.

The influence of the density of a stand on the relative extent of the volume of the root system is evident. Thus for such trees growing alone as, II, 1, XIII, 1 and 2, XXVII, 1 and 2, XXXI, 1, the volume of the root system in comparison to the volume of the stem is exceptionally large, while trees grown in dense stands, as IV, 1, 2 and 3, V, 1, XXVII, 5 and 6, XXX, 1, XXXII, 1 and 2, show exceptionally small percentages. Of course, in this case the size of a tree must be taken into account.

As far as the proportional volume of the root system on different forest types is concerned, it must be proved at first, that it is considerably larger on Calluna *type than on other types.* This is shown already by studying the tables given. The problem will be still plainer, if, when computing averages, the sample trees on peat lands are left out. Thus we get the averages shown in the table on page 283.

Of the interrelation of other forest types no conclusions can be drawn from this material. The number of sample trees from the *Myrtillus* and better types is, indeed, small and they are from very varying localities, among others from clayey and peat lands. The sample trees from the *Vaccinium* type again are confined to only two diameter classes, and besides the greater density of stands on sample plots of *Vaccinium* types makes the comparison more difficult.

The cubic contents of the root system are, of course, largest close the base of the tree which is seen for instance, from the particulars of sample tree XIX, 1. 37 % of the cubic contents of the horizontal root system were situated within a distance of half a metre from the base at most; at a distance of 1 m the corresponding percentage was 51 and as the distance increased to 3 m the percentage increased to 72. Considering that the vertical root system as a whole (except a few scattered vertical roots) was situated not more than 3 m from the base, 79 % of the cubic contents of the entire root system

will be not more than 3 m distance from the base. Of the cubic contents of the horizontal root system a considerably larger percentage may be in the immediate vicinity of the base. Thus, of the cubic contents referred to sample tree XV, 1 had 75 % within a distance of 1 m of the base. The tree was to some extent smaller (the breast height diameter was 22.2 cm, for the former 28.8) which partly accounted for this difference. The smaller the tree, the greater the part of the cubic contents of the root system, of course, in the vicinity of the base.

SMALL SEEDLINGS.

Of pine seedlings particulars are generally available in the text books and hand-books, and many investigators mention measurements of roots and details of the number of roots. LIESE (1926) was the last to publish very accurate results of measurements of the development of pine seedlings, both of the root system and the part growing above the ground line.

In connection with the present investigation pine seedlings were not given any great attention, partly owing to the fact that their root system is generally best known and partly owing to the investigation of the root systems of pine seedlings requiring totally different methods of investigation from those suitable for large trees. It would therefore have had a disturbing effect on the work and would have reduced the material in regard to large trees, if the root systems of seedlings had been accurately investigated. For this reason no figures can be given, for instance, in regard to the development of the tap root during the first growing seasons.

However, a number of small seedlings were dug with their root systems, 154 in all, which were dried like herbarium plants by placing the roots as far as possible in their natural position. Seedlings were taken from the following sample plots: X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XXI, XXIII, XXVI, XXVII, XXX and from their vicinity. After the seedlings had been dried they were photographed. No measurements were made in respect of them. Of the photographs 11 are given (fig. 64—74). The abundance and extent of the root systems of seedlings on sample plot XIV (CT, sand, fig. 67 and 68) are very interesting. The roots of seedlings on sample plot XXVI are also very abundant (CT, sand, fig. 72 and 73). On the contrary the root systems of seedlings dug on sample plot XV (MT, sand, fig. 69) are rather small. It must, however, be remembered that they grew in the shade of a mature stand. The root systems on moraines are fairly similar on different types, and comparatively restricted, as the seedlings from sample plots XI, XII, XIII, XXIII show (fig. 64, 65, 66, 71). The seedlings from sample plot XXVII, which is lean moraine rather poor in stones, had, however, comparatively long roots (see fig. 74). On fertile peat land (sample plot XXI, fig. 70) the seedlings, too, seem to have an abundant root system. — It must be remembered that digging on moraine is difficult and a slender root breaks more easily than on sandy soil. Nevertheless, the seedlings collected show that even at a very early age the root systems develop differently according to the varying conditions.

Some pine seedlings less than 1.3 m in height belonging to the ordinary material have been taken into consideration in the earlier discussion, viz., those that fulfil the requirements for each specific case. Of these only five were thoroughly investigated, i.e. sample trees II, 10 and 11, XIII, 5 and 6 and XXIII, 3. A comparison of these with each other shows similar features to those proved to be characteristic for big

trees. Thus the most extensive root system was found on sandy soil of the *Calluna* type (II, 10 and 11), next the moraine of the *Calluna* type (XIII, 5 and 6) and finally the moraine of the *Vaccinium* type.

INTERGROWTH OF ROOTS.

Intergrowing points are found both among the roots of the same tree and among the roots of one tree and those of another. The former will be discussed first.

In investigating the central root system of pine, in particular, the attention is at once arrested by the numerous intergrown points. The horizontal roots grow into each other and also the horizontal and vertical roots, often forming a strong and ingenious structure in this way. Sometimes the vertical roots also grow into each other. Some of the detail drawings of root systems are convenient for making this point clear. Fig. 5 and 6 both illustrate parts of the root system of sample tree III, 1; fig. 18 gives details of the root system of sample tree XX, 1, as fig. 20 does of the root system of sample tree XX, 4. Roots are frequently found which only connect two other roots and do not grow any further. The main purpose of this kind of a »bridge-root» seems to be to strengthen the root system. Besides sample tree III, 1 sample tree XXII, 1 (fig. 21) and sample tree VI, 1 may be quoted as examples. — These intergrown parts of the central root system were only found on trees of more mature age. Greater strength is even demanded of their root system than of that of small trees.

The intergrown parts of roots of the same tree are to be found principally close to the base. At a distance of more than one metre from the base they are uncommon, and they were never found at a distance of more than 1.5 m.

It is an old-established fact that the roots of different tree individuals may grow into each other. According to FRANKE, REUM proved in 1835 that the roots of trees in a forest form a continuous, labyrinthine network by growing into each other. A few years later GÖPPERT (1842, 1846) investigated the intergrown roots in spruce and silver fir forests and proved that the intergrown points were common, and also found intergrown points of spruce and silver fir. The callus formation so often found on silver fir stumps is explained by GÖPPERT to be due to an organic contact between roots of the stump and those of a living tree. — PFEIL (1860) mentions that in dense spruce stands intergrown parts of different individuals are found and explains the callus formation on spruce and silver fir stumps in the same way as GÖPPERT. BLOMQVIST (1883) states, in addition to the information of PFEIL that stumps with callus formation has not been observed in North-America or in North-Europe.

FRANKE (1881) investigated the intergrown parts of roots of beech and observed, among other things, that intergrown parts of young roots did not occur. — LIESE (1926) mentions that the early formation of bark on the roots of pine is the cause of their not growing into each other. This only happens close to the base and is due to the hard pressure caused by the growth in thickness of the roots. Intergrown parts of their own roots in the case of Douglas fir and birch are common, according to LIESE.

Regarding the information mentioned above it may be said at first that callus formation on stumps of larch and spruce has also been found in Suomi (Finland). Stumps of pine with callus formation have not been found, but roots of two different pines have often grown into each other as will be seen from the following discussion.

Of the 31 sample plots investigated (sample plots XXIV and XXXIII do not

come into consideration in this connection), intergrown roots of different pines on 8 were found; in one case the roots of four trees had intergrown (sample plot III), in two cases those of three trees (sample plots XV and XIX) and in 7 cases the roots of two trees (sample plot VII; X, 2 cases; XI and XI a, 2 cases; XX; XXV). It should be mentioned in this connection, too, that intergrown roots of different spruce individuals were found on one sample plot (XXIII), and in addition one other case was proved (the additional material). It should be remarked that root systems of spruces were investigated on 8 sample plots.

It is easily comprehensible that roots of neighbouring individuals grow into each other, because they may be subjected to hard pressure from without close to the base. The fact that the roots do not always grow into each other even in such a case can be observed in the case of two neighbouring trees on sample plot XI a. There is, however, not always a pressure to be found at the place where two or more roots have grown into each other, for instance when a thin root going over a larger one grows together with it, or when a root from the side seems to grow against the side of a large root growing into it and ending there. Some of the intergrown points on sample plots III and XV may be given as examples (on sample plot III intergrown points 4, 6, 7 and 8, in regard to which map No. 3 should be consulted). A further convenient example is the first intergrown point (between root No. 4 and the strange tree) in the description of sample tree XIX, 1.

On the other hand there are such cases of intergrowing in which the connection is due to a hard outside pressure. The intergrown point 3 in map No. 3 may be taken as an example. In that case two thin roots grow into each other almost at right angles. The connecting point is situated under the stump of a third tree.

It should be noted that in most cases a thin root has intergrown with a larger one. It is not easy to understand, how a thin root could grow through the thick bark of the large root. Fig. No. 15 shows a case of double intergrowth.

Generally the intergrown points found were, whether composed of roots of one, two or more individuals, fairly close to the base of some one tree which in some way or other had concurred in bringing this phenomenon about. One of the intergrown points shown in map No. 6 was further off, at a distance of almost one metre. Probably the conditions close to the base of trees are most suitable for the growing together of roots.

Just as roots of widely varying size may grow into each other, roots of different sized trees may do the same. The intergrown point of roots of sample trees 1 and 2 on sample plot VII is an example of this (the corresponding breast height diameters being 36.8 and 5 cm); and also the coalescence of a horizontal root of sample tree XX, 2 with the tap root of a small seedling which happens to be in its way (the corresponding diameters of the trees were 10.3 and approx. 1 cm).

Connections (between different individuals) have been found on sandy soil, stony moraines and on moraines almost free from stones.

There are three examples of organic connections of roots of different individuals, viz., the connections: III, 1—III, 3; VII, 1—VII, 2; and XX, 2 — a small unnumbered seedling. In all three cases the last mentioned tree was dead, but a part of the root system was alive owing to the connection with the root of the growing tree. At any rate the other part of the two last mentioned connections had been dead for years. Some of the roots will certainly remain alive, but enter the »service» of the live member.

Map No. 3 which shows, incidentally, the intergrown roots of sample trees III, 1 and III, 3 is rather remarkable in this respect. It is possible that the root connecting the intergrown point 3 and the dead tree will die later on, as is already partly the case with the connecting root (intergrown point 5), but the continuation from the knot point is fully vigorous and comparable in every respect to the roots of sample tree III, 1. — According to this it is clear, that *the dead or felled trees in a forest may through their roots be of use to the remaining trees, at least to some extent.* Owing to the fact that the intergrown points between roots of different individuals are fairly numerous, this fact may not be without importance.

THE SIGNIFICANCE OF THE ROOT SYSTEMS OF EARLIER GENERATIONS FROM THE STANDPOINT OF THE PRESENT DAY FOREST.

Besides the way described in the preceding chapter the earlier generation may be of use to the present generation in other ways. It has, indeed, been observed that *the trees prefer to grow along channels of decaying or already decayed old roots.* This fact was observed already at the time the first sample tree was investigated. And as the work progressed, almost every tree dug offered new evidence in this respect. The phenomenon was so common that it was not even taken into consideration in every case. Only the most distinct and in some ways peculiar ones were described. The most beautiful examples are from sandy soil (sample tree I, 1, II, 7 and 8, III, 1) which is due to the fact that in these circumstances the roots could be handled most carefully. However, on moraine soil, too, (for instance, on sample plots XI, XII and XXVII) plain »pipes» were found, remnants of old decayed roots which were followed by the growing roots. The shape of the decayed root was not visible in every case; here and there only pieces of decayed roots were found as evidence of old roots.

Most frequently roots were found following the old channels of vertical roots, but sometimes, too, roots following horizontal root channels were discovered.

The significance which the old channels have on the appearance of the scattered vertical roots has already been discussed. Of course, other vertical roots also use old root channels, whenever there is a chance of doing so; but they cannot select their growing places to the same extent that the scattered vertical roots do. These vertical root channels seem to be of importance in directing the roots to the ground water. But a decaying root also offers more moisture and often even more nutriment than the surrounding soil. — If we remember, what a dense network of roots is formed by the root system of a single tree, it is pretty easy to understand, what a great number of channels is left in time for the next generation, and what a great importance these channels have, even if the new roots find only part of them.

It is a well-known fact that the reforestation of areas that have been open for a long time is difficult and meagre sand heaths are particularly difficult in this respect. From the facts stated above at any rate one cause of this difficulty is evident. In the course of time unfavourable changes have occurred in the structure of soil. The thousands of channels left by the old roots have been closed. The roots of the new generation do not find any support for their development, and it is difficult to reach the ground water. — Quite naturally, too, the structure of better soils changes in the same direction, provided they are open for a long time. But in more fertile soil a seedling always has

better opportunities of development. It should, however, be noted that even old arable land is not easy to reforest.

The channels of old roots and their use by new roots has also been observed elsewhere. In Russia VYISOTSKI (1899), SAVITŠ (1904) and particularly TOLSKI (1905, a) paid attention to this. In Germany it was observed in reforesting the heath of Lüneburg, that the safe development of a pine stand is secured only after a tree species having a dense and deep root system has turned the soil into suitable condition. Approximately the same conclusions were arrived at by ALBERT (1907, 1913), ZIMMERMANN (1908) and SPLETTSTÖSSER (1908). Later, ALBERT (1923) returned to the same question, opposing the clearing of stumps for the sake of the new generation. BURGER (1922) in investigating the structure of soil in Switzerland came to the conclusion that the roots of trees play an important part in preparing the soil structure suitably for forest. — In the Scandinavian countries no attention has been paid to this problem. And it is quite possible, that its significance is not so great in our country as, for instance, in Germany, for the pine apparently progresses here with a smaller vertical root system than in that country. It is, however, true that the decaying root systems of older generations are, from the standpoint of the growing forest, in many ways important even in this country.

THE GROUPING OF SEEDLINGS UNDER THE CROWNS OF OLD TREES.

The phenomenon referred to under this heading has been dealt with among others by HESSELMAN (1910) and AALTONEN (1919), according to whom the group formed by the mother tree and the seedlings is given a name in Lappi (Lapland) which corresponds to the English word garden. These kind of formations are also quite common on the meagre heaths in the parishes of Pielisjärvi and Rautavaara. When suitable material for the present investigation was chosen, attention was drawn to the »gardens». It was decided to undertake the investigation of the root system of one of these formations, in order, possibly, to gain some points that would explain the phenomenon. An attempt was made to find a »garden» that was beautiful and rich in trees. Sample tree XIV, 1 fulfils these requirements to a considerable extent. The description of this sample tree and map No. 11 should be referred to, as they give an idea of the density of the group and also of the size of the trees.

The root systems of the young trees were not in any way peculiar and they were therefore not investigated in detail. The root system of the mother tree, however, was interesting in some respects. In looking at the part of the root system which was dug (map No. 10), attention is at once attracted by the great number of dead roots. The map, too, shows an abundance of them, so that their total length is 14 % of the total length of the part dug; a considerable part was, of course, cut off during the digging. In addition, the live part of the root system had been damaged by fire in many places. It can consequently be concluded that the function of the root system of the mother tree is exceedingly weak and that it does not present any great competition and obstacle to the roots of young trees. The young trees also find no great obstacle in the crown of the mother tree, which is, however, wide and in parts, too, rather dense. As the tree stands by itself the light coming from the sides is sufficient. It can thus be seen, that the mother tree does not present any obstacle to the young growth. Inasmuch as the seedlings have grouped themselves around the mother tree,

it must give some assistance to them. The problem is partly solved by examining the ground vegetation of the sample plot. Under the crown an abundant quantity of *Vaccinium* is found, but elsewhere practically none. The humus layer is also somewhat thicker under the crown than further off. The fact mentioned points to the soil under the crown offering better growing possibilities than the surroundings. According to Hesselman the seedlings growing under mother trees and under the protection of ground trees are in a better position to obtain nitrogen than the seedlings growing in the open. But even the root system of the mother tree is indirectly of use to the young trees. The decaying roots bring more humus material to the soil and offer the young roots comparatively fertile channels which retain the moisture well, and direct them through meagre soil layers to the ground water. All these advantages are not to be found in places further from the mother tree and the young growth in those places is small and poor. — It is therefore clear that the advantages offered by the mother tree are not due to the fact that the tree is alive, rather the opposite. For instance, beautiful »gardens» are also found around fallen and partly decayed trees. One of these was found in the neigbourhood of sample tree XIV, 1. The young pines around a fallen stem on both sides and particularly close to the root system were almost more beautiful and fresh growing than those under the protection of the living tree. — in searching for a beautiful »garden» it was observed that the most beautiful ones were found under such mother trees as themselves looked very poor. This is obvious from the facts stated, seeing that the root competition of the mother tree is least dangerous in such cases.

From what has been said it is clear that the »garden» phenomenon is not restricted to northern regions, although it is more distinct in those places and its name originated there. Thus Hesselman mentions that he founds this kind of regeneration as far south as Vermland. That the phenomenon is more common in northern regions is accounted for by the fact that the burned-over pine heaths are more common in the North. Hesselman gave as a reason for this the more abundant side light which assists the development of seedlings under the mother tree.

The root systems of other principal tree species and the relation of the root system of pine to them.

THE ROOT SYSTEM OF SPRUCE.

The root system of spruce (*Picea excelsa*) was also given some attention in connection with the present investigation. The object was in the first place to investigate the relation of the root system of undergrowth spruce to the root system of the dominant pine stand. Thus the spruces examined belong mostly to the undergrowth; only two of them had grown to such an extent in the open that they might be compared to the dominant trees. — Below a short description of the results is given. The root system of spruce has already been discussed to some extent, i.e. so far, as there were no grounds for presuming that they differed from the root system of pine.

A very common idea, which appears in the text books and handbooks is the narrowness of the root system of spruce as compared with that of pine. Thus Blomqvist, Pfeil and Cajander state that the root system of spruce is limited to dense stands under the crown projection. According to the jar experiments of Nobbe and Ter-

SARKISOV, too, the root system of spruce was far behind that of pine as far as the number of roots and their total length was concerned. The jar experiments of SAVITŠ, on the contrary, give figures that are very close to each other. — It is quite possible that the root systems of small spruce seedlings may fall short of pine as far as the total length is concerned, because they grow more slowly. But as regards the more developed individual the statement is not right. — *The sample trees investigated prove, almost without exception, that spruces have a root system which in total length and area exceeds that of pines.* Nor were any of the root systems investigated limited to the crown projection. When it was a case even of a tree the height of a man, the roots extended far beyond the crown projection and yet the trees investigated belonged to the undergrowth, the possibilities of development of which are smaller than those of the dominant stand.

In examining root maps No:s 7, 16, 18, and 21 (sample plots XI, XIX, XX and XXII) assurance will be gained of the root system of spruce being greater in area than that of pine. The same fact is indicated, too, with a few exceptions, by the figures. If the averages of relative areas and relative total lengths of the root systems of both spruce and pine grown on the same sample plots are calculated, we arrive at the following figures.

	Number of sample trees over 1.3 m in height	Horizontal root system's relative extent on an average, sq. m	Horizontal root system's relative total length on an average, m
Spruces	11	77 (77)	142 (139)
Pines	8	45 (43)	95 (98)

In cases in which there were, for instance, 3 spruces and 1 pine on the same sample plot, treble the area and total length of pine were taken in calculating the averages etc. From sample plot IX only figures for spruce could be obtained which could be used in this connection. Corresponding values for pine were taken from sample plot XIX which closely resembles the former sample plot. This is done in order that the more abundant occurrence of one tree species on a sample plot should not influence the averages. These adjustments do not cause any great changes. The figures in brackets indicate the averages calculated in the ordinary way. — The only ones that differ from the general tendency are sample trees VI, 6 and VI, 7 the root systems of which were only dug in their main features. In calculating the relative total length the values in the maps were doubled. The area values were taken as they stood.

Only three spruces, the height of which was below breast height, were dug. The root system of one of these (VIII, 1) is fairly extensive; another had a very narrow one (XI, 5); and the third (XXIII, 2), although not quite as narrow, was comparatively narrower than that of the pine of the same sample plot.

With regard to the forest types the root systems of spruces seem to be related to them as far as the areas and total lengths are concerned in the same way as the root systems of pines, which have already been discussed previously. The tables on pages 247, 248 and 252 should be consulted.

As far as the soils are concerned, similar conclusion to the foregoing cannot be made. It should be mentioned that proportionately the largest root systems were found on moraines rich in stones; on clayey soil, again, two narrow root systems were observed.

— It is by no means strange that the root system of spruce should be more independent of the quality of the soil than the root system of pine. At all events, when such small trees are dealt with as those examined in the present investigation, the horizontal root systems, indeed, often grow very close to the surface between the humus and the mineral matter or even in the humus layer.

The depth of the horizontal root systems of spruces was very considerably less on all the sample plots investigated than that of pine, as is shown in the table on page 295.

From these figures no more can be concluded than that the horizontal root systems of undergrowth spruces are much shallower than those of the dominant pine stand. It must be remembered that the average depth of the horizontal root system grows a little larger, as the tree gets older. This observation was made previously of pines and it may well be assumed to be the case also with spruces. As a matter of fact this same tendency may be observed in examining the spruce sample trees, too.

In any case the values for the average depths of spruce are so low, that *it can be concluded with almost absolute certainty that the root system of spruce is also generally shallower than that of pine.* If the average depths of spruces are compared with those of pine of approximately the same dimensions and growing in similar localities, we arrive at the same conclusion.

As far as the depth of the horizontal root system is concerned, the prevailing opinion as to the shallowness of the root system of spruce seems to be right.

The vertical root system of spruce has generally been given very little attention. PFEIL (1860) writes about it: »Eine eigentliche Pfahl- oder Herzwurzel bildet die Fichte auch in der ersten Jugend nicht — — —.» And the matter is explained in the same way in other textbooks. AALTONEN (1920, a) proved that the vertical roots of spruce in the sand heaths in Lappi (Lapland) attained a depth of even 1 m. The trees were old, tall individuals, the roots being thin inner vertical roots. — VOLGER (1926) proved, that spruce may under certain conditions develop into a tree with a deep vertical root system and extend its roots even to a depth of over 2 m.

Of the 25 spruces belonging to the material in the present investigation, 4 had a distinct tap root (see fig. 16, sample tree XIX, 2); 4 had a thin, although rather deeply penetrating remnant of a tap root; and one had a stub-like remnant of a tap root; 4 had noticeable vertical roots, although the tap root was missing, and finally 12 individuals were without noticeable vertical roots. — The greatest depth a vertical root of a spruce was followed to was 65 cm (a small individual hardly the height of a man on sample plot XII). The next greatest depth observed was 55 cm. In this case the root would probably have grown deeper, if the rock had not been in its way (see fig. 16, sample tree XIX, 2; the age of the tree was 46 years). The spruces belonging to the additional material also had a noticeable central vertical root system.

From the above it can be concluded *that the spruce may also have a fairly distinct tap root, at least at an early age. Other kinds of vertical root systems are also to be found. The depths are not very small.*

However, it may be concluded on the basis of the material investigated, that the horizontal root system of spruce has a still more dominant place with regard to the vertical root system than the pine. Thus the cubic contents of the vertical root system only seldom represent any considerable part of the corresponding figures of the horizontal root system. Such a spruce as sample tree XIX, 2 is exceptional, the cubic contents of the vertical root system being over 35 % of the horizontal root system. — *The total*

cubic contents, on the contrary, are considerable as compared with the cubic contents of the stem. In percentage the ratio mentioned, on the sample plots taken into consideration in this connection, was always greater for spruces than for pines. And when we compare trees of the same size and of approximately equal localities, we note that the volume of the root systems of spruce forms in percentage a greater part of the stem than with regard to pine. The only one of all the sample trees investigated the cubic contents of the root system of which were greater than those of the stem, was a small spruce about 1 m high on sample plot XXIII.

THE ROOT SYSTEM OF BIRCH.

PFEIL says (1860) of the root system of birch: »Unter allen unsern Baumholzarten hat die Birke nicht bloss die kleinste Wurzelverbreitung, sondern auch im Verhältnis zur oberirdischen Holzmasse die kleinste Wurzelmenge.» AALTONEN made some observations regarding the root system of birch on the heath forest in Lappi. — Generally it may seem as if the root system of birch had been even less investigated than that of spruce and pine, which is, indeed, natural, in view of the fairly small importance this tree species has in Central-European countries.

In connection with the present investigation the root system of birch (*Betula verrucosa* and *B. odorata*) was investigated only on a few sample plots. The results are, however, sufficient to warrant a few conclusions.

The most detailed observations were made of the root system of a birch which was 11 cm at breast height on sample plot XX (map No. 18). The relative total length of the root system was greater than that of pines from the same sample plot, and even greater than that of the spruce on the same sample plot. The relative area also considerably exceeded that of both the pines examined on the sample plot. The cubic contents of the root system were 32.6 % of the volume of the stem, a value which was considerably higher than the corresponding value for the pines. — The birch on sample plot XI was quite uncommon as far as its area and the length of its roots are concerned. If the root system had been dug out entirely, it would, no doubt, have shown a greater relative area value than is found in the whole material. A glance at map No. 7 gives a good idea of this. — The birch on sample plot IX is also not narrow as far as its root system is concerned.

The above facts indicate that the root system of *birch is quite extensive, in any case as extensive as that of pine.*

Special attention should be given to the results of the depth measurements of the horizontal root system, which are compared with the same measurements of spruce and pine on the same sample plots and given in the table on page 298.

The figures for pine and spruce are the same as those in the table on page 295, for birch the mean depths of sample trees IX, 2, XI, 8 and XX, 4 as such. The mean depths of birch are considerable and on two of the sample plots quite noticeably larger than those for both pine and spruce. It should be taken into consideration in comparing the depth values of pine and birch on sample plot IX, that the birch was a small, slender tree (breast height diameter 5.9 cm) while the pine was a tall, fresh tree. — The depth of the birch root system is also proved by the investigated sample tree of this species on sample plot XXIII. Although the roots were not followed any further, it is quite clearly seen from the root system that some of the roots have penetrated

fairly deep. This is indicated also by some of the additional observations. — The values given by AALTONEN (1920, a) concerning the conditions on *Cladina* type in Lappi also indicate that the root systems of small birches are at least deeper than those of spruce, and values for birches less than 1 m high show on an average greater depth values than the pines of the same dimensions.

The horizontal root system of birch seems to be, according to this fact, deeper than the corresponding root system of spruce, but very probably it is a so deeper than that of pine; at any rate it is as deep.

The horizontal root system of sample tree XX, 4 investigated in detail was exceptional owing to the crookedness of the roots. The roots also made peculiar circles, as is seen to some extent in map No. 18. — The intergrown points were numerous.

A tap root or actual vertical roots were not found in the case of any of the investigated birches. The roots starting at the base in a downward direction turned in a horizontal direction fairly soon.

DIE WURZELFORSCHUNG IN IHRER BEZIEHUNG ZUR PRAKTISCHEN FORSTWIRTSCHAFT

VON

ERKKI LAITAKARI

JUURITUTKIMUKSEN
SUHTEESTA KÄYTÄNNÖLLISEEN
METSÄTALOUTEEN

HELSINKI 1929

HELSINKI 1929,
DRUCKEREI DER FINNISCHEN LITERATUR-GESELLSCHAFT

Vorwort.

Diese Studie gibt in der Hauptsache einen Vortrag wieder, den ich am 30. Mai 1927 gelegentlich der öffentlichen Verteidigung meiner Doktordissertation »Männyn juuristo» (»Das Wurzelsystem der Kiefer») gehalten habe.

Ich beabsichtigte ursprünglich diesen Aufsatz noch im gleichen Jahre zu veröffentlichen, aber wegen anderer dringender Arbeiten musste die Veröffentlichung unterbleiben. Ich lege ihn jetzt in etwas erweiterter Form vor.

Helsinki, im Sommer 1929.

Der Verfasser.

Alkusanat.

Pääasiat tästä tutkielmasta sisältyvät esitelmään, jonka pidin toukok. 30 p:nä 1927 samassa tilaisuudessa, jolloin tutkimukseni »Männyn juuristo» tarkastettiin akateemisena väitöskirjana Helsingin yliopistossa.

Tarkoitukseni oli julkaista kirjoitelmani vielä samana vuonna, mutta monien tehtävien takia on se yhä lykkääntynyt. Esitän sen nyt jonkin verran laajennetussa muodossa.

Helsingissä, kesällä 1929.

Tekijä.

Einleitung.

Es ist ganz natürlich, dass bei der Erforschung der Pflanzen und des Pflanzenlebens in erster Linie die oberirdischen Teile Beachtung finden. Sie sind ja ohne weiteres der Beobachtung zugänglich, sie bilden meist den wichtigsten Teil der Pflanzen und bieten dem Forscher reichhaltiges Studienmaterial. In der letzten Zeit ist man jedoch zu der Erkenntnis gekommen, dass unser Wissen von den Pflanzen und ihren wechselseitigen Beziehungen nur sehr lückenhaft ist, wenn man nicht auch die unterirdischen Teile kennt. Diese Kenntnis erscheint auch vom praktischen Standpunkt aus unumgänglich, wenn es sich um die Anpflanzung, den Anbau oder die Vernichtung einer Pflanze handelt.

Die Wurzelsysteme der Bäume sind bis jetzt noch weniger untersucht als die entsprechenden Teile der übrigen Pflanzen, und die Forstwissenschaft hat sich kaum noch mit der Klärung dieser Frage beschäftigt. Und doch kann man die Wachstumsvorgänge bei einem einzelnen Baum und bei einem ganzen Bestande nur dann richtig verstehen, wenn man auch das Wurzelsystem, seine Formen, seine Ausdehnung und seine Entwicklung unter verschiedenen Verhältnissen kennt. — Jede Bereicherung unseres Wissens über das Wurzelsystem der Bäume ist also geeignet auch unsere Kenntnisse über die Lebensbedingungen des Waldes zu vermehren und dadurch mittelbar auch die Erziehung eines Bestandes zu erleichtern.

Die Wurzelforschung hat bisher in bezug auf Bäume schon Ergebnisse erzielt, welche von direkt praktischer Bedeutung sind, und sie wird auch in Zukunft auf diesem Gebiete erfolgreich arbeiten. Zweck der folgenden Studie ist es einige wesentliche Momente dieser praktischen Ergebnisse vorzuführen.

Tiefe des Wurzelsystems.

Wir wollen hier zunächst die Tiefe der Wurzeln behandeln. Beachtenswert ist dabei vor allem die grosse Bedeutung, welche das Tiefenniveau der Wurzeln für die gegenseitige Konkurrenz der Wurzelsysteme hat. Das ist u. a. von WOODHEAD (1906), CANNON (1911), MARKLE (1917) und WEAVER (1919), allerdings hauptsächlich auf Grund von Beobachtungen an Kräutern nachgewiesen worden. Diese Forscher haben gezeigt, dass sich in manchen Pflanzenvereinen eine Schichtung der Wurzeln feststellen lässt, welche die Konkurrenz mildert und das Fortkommen mehrerer Arten auf dem gleichen Standort ermöglicht. — Verf. konnte nachweisen (1927), dass die mittlere Tiefe der horizontalen Wurzeln bei der Kiefer mit dem Alter grösser wird (vorausgesetzt, dass der Baum in ziemlich normalen Verhältnissen gewachsen ist), wenn auch die Unterschiede nicht sehr gross sind. Das hängt teilweise von dem zunehmenden Gewicht des Baumes und des Wurzelsystems, vorzugsweise aber doch von dem Umstande ab, dass die vertikalen Zentralwurzeln horizontale Wurzeln entsenden, und zwar um so tiefer, je tiefer das vertikale Wurzelsystem gedrungen ist. Wenn das vertikale Wurzelsystem bei älteren Bäumen seine endgültige Ausdehnung erreicht hat, finden keine grossen Veränderungen in der mittleren Tiefe der horizontalen Wurzeln mehr statt. Das scheint auch für die Fichte zuzutreffen, wenn auch das untersuchte Material verhältnismässig klein ist. Jedenfalls ist diese Erscheinung geeignet zu zeigen, dass die Konkurrenz zwischen den Wurzelsystemen bei verschieden alten (oder besser gesagt verschieden grossen) Bäumen weniger stark ist als bei gleich grossen. Deshalb leidet z.B. der junge Pflanzenbestand in den ersten Lebensjahren nicht besonders unter der Konkurrenz der Wurzeln der Mutterbäume.

Von grösserer Bedeutung als die eben erwähnte Erscheinung ist jedoch der Umstand, dass auch die Wurzelsysteme der verschiedenen Holzarten im Mittel verschieden tief zu gehen scheinen. Dafür liegen allerdings nur wenig exakte Untersuchungen vor, was ja auch ganz natürlich ist, denn bevor sich aus den Messungen einwandfreie Folgerungen ziehen lassen, muss das ganze Wurzelsystem oder wenigstens ein grosser Teil desselben ausgegraben und die Messungen dann in regelmässigen Abständen vor-

genommen werden. Dabei kann es vorkommen, dass man z.B. bei einer Kiefer im Stangenholzalter ungf. 200 Tiefenmessungen vornehmen muss, selbst wenn diese in einem Abstand von 2 m ausgeführt werden. — In Russland hat Tolskij (1905, 1907) eine Reihe von Tiefenbestimmungen für das Wurzelsystem der Kiefer vorgenommen und in Suomi hat Verf. (1927) bei seinen Untersuchungen über das Wurzelsystem der Kiefer auch das Tiefenniveau der horizontalen Wurzeln dieses Baumes auf verschiedenen Standorten untersucht. Für das Wurzelsystem der Fichte liegen bisher kaum gründliche Messungen vor. Allgemein verbreitet ist die Ansicht, dass die horizontalen Wurzeln der Fichte sehr oberflächlich seien, eine Ansicht, welche durch meine Messungen (1927) bestätigt wird.. Die mittlere Tiefe der Oberflächenwurzeln von neun ziemlich kleinen Fichten (in der Hauptsache Unterwuchs) wurde numerisch bestimmt, wobei noch eine Reihe von Beobachtungen nach dem Augenmass gemacht wurde. Bei der Bestimmung der entsprechenden mittleren Tiefe des Wurzelsystems der Kiefer auf den gleichen Probeflächen konnte ausnahmslos festgestellt werden, dass die Horizontalwurzeln bei der Fichte bedeutend näher an der Oberfläche verlaufen als bei der Kiefer. Für erwachsene Fichten liegen keine Messungen vor, bei kleinen Fichten wenigstens war das Wurzelsystem bedeutend flacher als bei erwachsenen Kiefern und flacher als bei gleich grossen Kiefern. Fichten auf trockenen Sandheiden sind noch nicht untersucht und wir wissen deshalb nicht, ob auch hier das Wurzelsystem näher an der Oberfläche verläuft als bei der Kiefer. — Das Wurzelwerk der Birke ist noch weniger untersucht als das der Fichte. Messungen, welche Verf. an einigen Bäumen vornahm (1927), scheinen darauf zu deuten, dass die horizontalen Wurzeln bei der Birke wenigstens ebenso tief verlaufen wie bei der Kiefer, wahrscheinlich aber noch tiefer. — Im allgemeinen werden die Laubbäume in der Fachliteratur als tiefwurzelnd bezeichnet (vgl. z.B. Albert 1913 und Burger 1927), und die Holzarten, welche gewöhnlich an Strassen angepflanzt werden, wie Linde und Ahorn, müssen ja auch sehr tiefe Wurzeln entwickeln um gedeihen zu können. Ein recht tiefes Wurzelwerk hatte jedenfalls eine stattliche Linde, die an einer Strasse gefällt war und die Verf. in Augenschein nehmen konnte.

Aus dem Vorhergehenden lassen sich einige interessante Schlüsse ziehen. Zunächst können wir feststellen, dass die Kiefer und Fichte einerseits und die Fichte und Birke anderseits untereinander keine so grosse Wurzelkonkurrenz aufweisen wie Bäume der gleichen Holzart. Wahrscheinlich ist auch die Wurzelkonkurrenz zwischen Kiefer und Birke schwächer als diejenige in reinem Kiefernbestand. Wenn das wirklich der Fall ist, können wir weiter folgern, dass die Wachstumsfähigkeit des Bodens am besten ausgenutzt wird, wenn alle drei Holzarten oder wenigstens zwei nebeneinander angebaut werden. Voraussetzung ist allerdings, dass der betr. Standort wirklich für die in Frage kommenden Holzarten geeignet ist. Aber selbst wenn man nicht soweit folgern will, muss man doch zugeben, dass die mittlere Tiefe der horizontalen Wurzelsysteme bei Fichtenunterwuchs und herrschendem Kiefernbestand soweit voneinander abliegt, dass die gegenseitige Konkurrenz als gering anzusehen ist. Dasselbe trifft auch für die Wurzelkonkurrenz bei Fichtenunterwuchs und herrschendem Birkenbestande zu. Unterwuchs unter dem Hauptbestand darf also nicht als schädlich angesehen werden in dem Sinne, als ob derselbe den Hauptbestand in seinem Wachstum beeinträchtigte. Es ist ja allgemein bekannt, dass in Suomi Fichtenunterwuchs unter Kiefern- und Birkenbestand ausgezeichnet gedeiht. Eine genauere Erforschung der Wurzelsysteme der einzelnen Holzarten und gründlichere Kenntnis des Tiefenniveaus dieser Wurzelsysteme muss natürlich von grossem Nutzen sein bei der Auswahl der Holzarten in neu zu begründenden Beständen. Da heute das Interesse für die Begründung von Mischbeständen wieder grösser ist, wäre es sehr angebracht die Holzarten so auszuwählen, dass die Wurzelkonkurrenz zwischen ihnen möglichst verringert würde. — Die Konkurrenz zwischen den Wurzelsystemen hängt natürlich zum Teil auch von den vertikalen Wurzeln ab. Diese bilden jedoch sowohl bei der Kiefer wie auch besonders bei der Fichte gewöhnlich nur einen geringen Teil des ganzen Wurzelsystems. Allerdings ist ihre Bedeutung darum doch natürlich nicht gering, aber die Wurzelkonkurrenz zwischen den vertikalen Wurzeln ist verhältnismässig unbedeutend. In gewissen Fällen wachsen zwar die vertikalen Wurzeln verschiedener Baumindividuen, ja sogar verschiedener Holzarten in dem gleichen Bett (z.B. in dem Hohlraum, den eine vermorschte Wur-

zel hinterlässt) nach unten. Aber auch dann haben alle genügend Raum. Die Wurzelkonkurrenz zwischen Kiefer und Fichte wird aber vor allem dadurch verringert, dass die Kiefer oft ein sehr kräftiges und verhältnismässig tief dringendes vertikales Wurzelsystem entwickelt, während das entsprechende Wurzelsystem der Fichte im allgemeinen viel schwächer ist oder ganz fehlt.

Ausser der gegenseitigen Konkurrenz können wir bei den Bäumen auch einen Kampf mit den Bodenflanzen — hauptsächlich mit den Reisern, aber auch Kräuter und Gräser kommen in Frage — feststellen. Besonders für den Pflanzenbestand kann dieser Kampf so heftig werden, dass er mit der Vernichtung desselben endet. Die Konkurrenz zwischen diesen Pflanzen und den Keimlingen bzw. dem jungen Pflanzenbestand geht natürlich hauptsächlich in den Oberflächenschichten vor sich. Doch haben einige Beobachtungen, die Verf. machen konnte, gezeigt, dass die Wurzeln der Reiser, ja sogar einiger Gräser bis in ziemliche Tiefe dringen. Um ihre Bedeutung für die Wurzelkonkurrenz nachweisen zu können, müsste jedoch die Ausdehnung ihres Wurzelsystems genauer untersucht werden. Dann würde sich zeigen, welche Bodenpflanzen im Walde vor allem als Unkraut zu bezeichnen und zu vernichten oder wenigstens zurückzudrängen wären. Bei der Bestandesverjüngung käme dabei Abbrennen, nötigenfalls mit nachfolgendem Eggen in Frage. Bei langsam wachsenden Pflanzen kann schon Abschneiden den gewünschten Erfolg haben. Während der Lebenszeit des Bestandes wäre Beschattung das hauptsächlichste Schutzmittel gegen Verunkrautung und dabei könnte besonders Unterbau von Nutzen sein. In den intensivsten Betrieben käme vielleicht auch noch das Eggen unter dem Bestande in Frage, wodurch gegebenenfalls auch die physikalischen Eigenschaften des Bodens verbessert würden. — Durch die Vernichtung der Unkräuter würde im Pflanzenbestand natürlich ausser der Wurzelkonkurrenz auch der Kampf um das Licht erleichtert werden.

Auch aus einem anderen Grunde sind die oben angeführten Massnahmen wie Abbrennen und Umbrechen des Bodens hier zu erwähnen. Um nämlich ihren Einfluss auf die Samenbäume richtig beurteilen zu können muss man wissen, wie tief die Wurzeln der Bäume gehen. So kann z.B. das Wurzelsystem der Samenbäume leicht durch Feuer beschädigt werden,

wenn beim Brennen nicht auf die Wurzeln der einzelnen Holzarten Rücksicht genommen wird. Das gilt auch für die verschiedenen Bodenbearbeitungswerkzeuge, durch deren Schneiden und Spitzen die Wurzeln so stark beschädigt werden können, dass sich das Wachstum des Baumes und damit auch die Produktionsfähigkeit von Samen vermindert. Anderseits kann es auch von Vorteil sein, wenn die Wurzeln der Samenbäume teilweise verbrannt oder abgeschnitten werden, denn so wird die Wurzelkonkurrenz zum Vorteil der Verjüngung vermindert. Bei Schirmstellung kann demnach das Abbrennen oder die verhältnismässig tief gehende Bearbeitung des Bodens von Nutzen sein, bei lichter Stellung jedoch muss man bestrebt sein die Bäume möglichst lebenskräftig zu erhalten. Um aber die oben erwähnten Schäden vermeiden oder aus den angeführten Massnahmen Nutzen ziehen zu können muss man natürlich das Tiefenniveau der Wurzelsysteme der einzelnen Holzarten unter den verschiedenen Verhältnissen kennen.

Bekanntlich ist die Ansicht weit verbreitet, dass das tief dringende Wurzelsystem der Kiefer kaum durch schwaches Brennen leide. Es ist allerdings richtig, dass ein Teil des Wurzelsystems der Kiefer ziemlich tief wachsen kann und dieser bleibt natürlich unbeschädigt, aber der grösste Teil der Wurzeln verläuft doch horizontal und unter Umständen sehr nahe — bisweilen nur 2—3 cm — unter der Oberfläche (vgl. LAITAKARI 1927). Da wäre es doch geradezu merkwürdig, wenn ein so flaches Wurzelsystem nicht durch Feuer oder Bodenarbeitungswerkzeuge beschädigt würde. Verf. hat dementsprechend auch bei seinen Untersuchungen des Wurzelsystems der Kiefer auf Standorten, die früher von Waldbränden betroffen waren, zahlreiche Wurzeln angetroffen, die durch Feuer beschädigt oder unter der Einwirkung des Feuers abgestorben und vermorscht waren. Man darf deshalb nicht glauben, dass ein Kiefernbestand, der einen Waldbrand scheinbar gut überstanden hat, keine Beschädigungen erlitten hätte. Sein Wurzelsystem kann recht stark gelitten haben, und da die Kiefer verhältnismässig nur schwach neue Wurzeln an Stelle der verlorenen entwickelt, kann eine empfindliche Schwächung des Wachstums die Folge sein, so dass das Stehenlassen des Bestandes wirtschaftlich vielleicht nicht mehr lohnt, besonders wenn es sich um ziemlich alte, hiebs-

reife Bestände handelt. Ihre Verjüngung kann dagegen eine sehr lohnende Massnahme sein, besonders da die Naturverjüngung gerade nach schwachen Waldbränden manchmal sehr gut gelingt.

Dass ein Waldbrand günstig auf die Verjüngung einwirken kann, vor allem indem er die Wurzelkonkurrenz seitens der Mutterbäume vermindert, bestätigt ein Fall aus Lettland, der von MELDER (1911) mitgeteilt wird. Unter einem alten Kiefernbestand fanden sich gar keine jungen Pflanzen, obwohl der Bestand teilweise licht und zerrissen war. In einem Teile des gleichen Bestandes, wo ein Waldbrand stattgefunden hatte, war die Verjüngung dagegen reichlich. Teilweise trugen dazu die günstigen Veränderungen in der Humusschicht infolge des Waldbrandes bei, als den wichtigsten Faktor sieht MELDER jedoch die Verminderung der Wurzelkonkurrenz an.

Bisweilen verbrennt man das Reisig aus Durchforstungen in Haufen im Walde. Selten liegen dann wohl die Wurzeln in solcher Tiefe, dass sie hierbei nicht beschädigt würden.

Wichtig ist die Kenntnis der Tiefe der Wurzelsysteme weiter, wenn es sich darum handelt, ob in einem Bestande Moos oder Flechten gesammelt werden dürfen. Es soll hier nicht über die Einwirkung auf die Humusbildung gesprochen werden. Aber in bezug auf die Wurzeln ist zu beachten, dass diese besonders bei der Fichte, in gewissen Fällen auch bei der Kiefer so nahe unter der Oberfläche verlaufen, dass die Entfernung der Moosdecke die Gefahr des Vertrocknens mit sich bringt. Bei ganz jungen Fichten können die Wurzeln direkt blossgelegt werden, wenn die Moosdecke entfernt wird. Die Flechtendecke dürfte dagegen von geringerer Bedeutung sein, da sie nicht so zusammenhängend und dicht ist wie die Moosdecke.

Die Verwendung von Bäumen als Alleebäume innerhalb von Anbauflächen oder in Städten an Strassen setzt ebenfalls die Kenntnis des Tiefenniveaus der Wurzelsysteme voraus. Die Fichte und Kiefer eignen sich für diesen Zweck nicht, die Birke schon besser, ausgezeichnet dagegen die meisten tiefwurzelnden edlen Holzarten, wie Linde und Ahorn; auch kommen einige Weidenarten hierfür in Frage.

Umfang des Wurzelsystems.

Die Kenntnis des Umfangs der verschiedenen Wurzelsysteme kann auch vom praktischen Standpunkt aus von Wichtigkeit sein. Wenn es sich z.B. um die Bodenbearbeitung auf der Hiebsfläche handelt, muss man wissen, wie weit man an den Randwald und an die Samenbäume herangehen kann ohne ihre Wurzeln zu beschädigen. Besonders gegen Brand sind die Samenbäume und der Randwald zu schützen und zwar um so mehr, je empfindlicher die betreffende Holzart ist.

Wenn Wald und Anbauflächen aneinander grenzen, ist es natürlich von Wichtigkeit zu wissen, wie weit die Bäume ihre Wurzeln erstrecken und so Nahrung aus einem Felde saugen können. Wenn eine Allee durch Anbauflächen angelegt werden soll, ist es bei der Auswahl von Alleebäumen natürlich ebenfalls vorteilhaft Bäume mit weit sich ausdehnenden Wurzeln zu vermeiden und statt dessen solche mit kleinem Wurzelareal, aber tiefem Wurzelsystem zu wählen.

Ob der Schlussgrad des natürlichen Bestandes direkt von der Ausdehnung der Wurzelsysteme abhängt und ob deshalb bei der Bestimmung des Grades der Durchforstung auch diese zu beachten ist, bedarf noch der Klärung. Gewisse Tatsachen sprechen für eine solche Abhängigkeit. So wächst die Anzahl der Bäume bei der gleichen Holzart in gleich starken (Mitteldurchmesser gleich gross) im Naturzustand befindlichen Beständen pro ha umso mehr, je besser der Waldtyp ist (Y. Ilvessalo 1920). Ebenso verringert sich der Umfang der Wurzelsysteme mit zunehmender Bonität des Waldbodens (Laitakari 1927), soweit es sich um die gleiche Bodenart handelt. Zwischen dem Umfang des Wurzelsystems und der Bodenart besteht also eine Abhängigkeit, die sich dagegen nicht zwischen der Bodenart und dem Schlussgrad des natürlichen Bestandes feststellen lässt. Auch ist die Anzahl der Bäume im Fichtenbestand pro ha viel grösser als in einem Kiefernbestand mit gleichem Mitteldurchmesser, obwohl das Wurzelsystem der Fichte allem Anscheine nach ausgedehnter ist als das der Kiefer. Hier handelt es sich vielleicht um eine Erscheinungsform der grösseren Schattenerträgnis bei der Fichte. Beachtung verdient in diesem Zusammenhange auch die Beobachtung von Hilf (1927), wonach der sich verzwei-

gende Teil des horizontalen Wurzelsystems der Fichte ausserhalb des Kronenbereiches liegt, sodass also der eigentlich wirksame Teil der Wurzeln bedeutend kleiner wäre als die Gesamtfläche des Wurzelsystems.

Bei Durchforstungen ist es überaus wichtig zu wissen, wie weit die Wurzeln eines zu beseitigenden Baumes reichen. Erst nachdem der Wirkungskreis eines Baumes ungef. bekannt ist, kann man beurteilen welche Wirkungen seine Beseitigung haben wird.

Wurzelsystem der Bäume und Struktur des Waldbodens.

Ein für die Praxis wichtiger Umstand ist die Bedeutung der früheren Baumgenerationen für den lebenden Bestand. Wie nämlich u.a. von Wyssotzky (1899), Sawitsch (1906) und Tolskij (1911) in Russland, von Albert (1913), Liese (1926) und Hilf (1927) in Deutschland sowie vom Verf. (1927) in Suomi festgestellt wurde, benutzen die Wurzeln zum Eindringen in den Boden gern vermorschte Wurzeln von früheren Bäumen oder die Hohlräume, welche diese hinterlassen haben. Besonders für die vertikalen Wurzeln scheinen diese Kanäle eine grosse Bedeutung zu haben, aber auch horizontale Wurzeln sind darin angetroffen worden. Nach Albert (1913) sind in der Lüneburger Heide besonders die Laubbäume deswegen sehr wichtig, weil sie den Boden für die übrigen Holzarten vorbereiten. Auch sonst gestalten die unzähligen sich kreuzenden Wurzeln die Struktur des Bodens günstig für das Waldwachstum. Auf die grosse Bedeutung der Wurzeln der Bäume für die Struktur des Waldbodens hat vor allem Burger (1922, 1929) hingewiesen. Wenn nun diese auf irgend eine Weise verändert wird, sei es dass der Boden eine Zeitlang landwirtschaftlich genutzt wird, als Acker Wiese oder Weide, oder dass er längere Zeit als Ödland liegen bleibt, so hat die neue Baumgeneration grosse Schwierigkeiten zu überwinden.

Es ist allgemein bekannt, wie schwer es ist Böden, die lange als Ödland brach gelegen haben, wieder aufzuforsten und die Aufforstung ehemaliger Äcker ist sehr beschwerlich. Das wird natürlich auch durch die Bodengeschaffenheit bedingt. Schwer sind vor allem die festen und zur Versumpfung neigenden Böden aufzuforsten, aber auch die Sandböden kön-

nen viel Arbeit verursachen. Auf ihnen werden am schnellsten durch Vermorschen die ehemaligen Wurzeln vernichtet und ihre Hohlräume verstopft. Auch die grosse Magerkeit solcher Böden hindert oft ein Gedeihen der jungen Pflanzen. Allerdings kann auch das lange Brachliegen andere ungünstige Veränderungen des Bodens, welche die Aufforstung verhindern, verursachen, ein wichtiger Grund besteht aber ohne Zweifel in der Verstopfung der Wurzelkanäle. Davon wird man bei der Untersuchung der Wurzelsysteme der Bäume durchaus überzeugt. Denn schon die Wurzeln eines einzigen Baumes können ein unglaublich dichtes Netz bilden, in einem dichten Bestande dagegen ist dieses Netzwerk noch viel enger und verwickelter.

Wenn man also Schwierigkeiten bei der Aufforstung entgehen will, müssen zuerst die kahlen Flächen, z.B. durch Feuer vernichtete Gebiete, aufgeforstet werden, ehe die Wurzeln vermorschen und die Wurzelkanäle sich verstopfen. Wenn ehemalige Äcker aufgeforstet werden, ist die Kultur möglichst sorgfältig vorzunehmen und die passendste Holzart auszuwählen. Auch muss die Kultur im Anfang besonders gepflegt werden, denn die Möglichkeiten des Misslingens sind gross. — In diesem Zusammenhange mag erwähnt werden, dass das Schwenden, wie es in unserem Lande früher sehr gewöhnlich war, die in Frage stehende Struktur des Bodens nicht wesentlich vernichtet, da die Bearbeitung des Bodens nur sehr oberflächlich ist und die landwirtschaftliche Nutzung hintereinander nur einige Jahre dauert. Die früheren Schwendböden (Brandäcker) haben sich bekanntlich im allgemeinen auch sehr gut durch Naturbesamung und durch Kultur verjüngt. Dagegen werden brach liegende Äcker durch Naturverjüngung nur sehr langsam bestockt.

Die natürliche Struktur des Waldbodens wird natürlich auch durch Ausrodung der Baumstümpfe vernichtet. Bei uns hat man nur Kiefernstümpfe auf Waldböden für die Teerindustrie in gewissem Umfange gerodet, in Mitteleuropa dagegen, wo die Holzpreise hoch sind, findet stellenweise ganz allgemein Roden der Stubben statt, eine Massregel, die für waldbaulich sehr empfehlenswert gehalten wurde, da so die Niststellen der schädlichen Insekten beseitigt und gleichzeitig die Flächen für die Naturbesamung vorbereitet werden.

Albert (1923 a), der in früheren Untersuchungen hatte feststellen können, wie wichtig die vermorschenden Wurzeln für das Wurzelsystem der neuen Baumgeneration sind, bekämpfte das Roden der Stubben, da er es als eine für den Wald schädliche Massnahme ansah. Hilf und Liese (1923) äusserten dagegen die Ansicht, dass es sorgfältig ausgeführt (die Grube an der Stelle des Baumstumpfes wird ausgefüllt) wenigstens auf Sandböden nicht schädlich ist. Auch Albert (1923 b) gibt zu, dass auf Sandböden der Schaden nicht so gross ist, wie auf festen tonigen Böden, wo die Stelle des ehemaligen Baumstumpfes unter der Einwirkung des Regens so verdichtet wird, dass die jungen Pflanzen nicht fortkommen. — Ohne Zweifel ist jedoch das Roden der Stubben auch auf Sandböden schädlich, auch wenn die Gruben sorgfältig ausgefüllt werden. Zwar werden nicht einmal alle kräftigen Teile der Wurzeln mit den Stubben ausgerissen, aber gerade an der Stelle der ehemaligen Stubben entwickeln sich oft z.B. bei der Kiefer die vertikalen Wurzeln, wie Verf. nachgewiesen hat (1927). Da die Aufgabe der vertikalen Wurzeln häufig darin besteht die Wasserzufuhr aus dem Grundwasser zu vermitteln, haben sie gerade für trockene Sandböden eine grosse Bedeutung, ein Umstand, dessen Wichtigkeit Albert (1913) für die Lüneburger Heide gezeigt hat. Die Entfernung der Baumstümpfe lässt sich demnach auch für Sandböden, soweit wenigstens das Gedeihen der jungen Generation in Frage kommt, nicht empfehlen. Wenn man die Niststellen, welche die Baumstümpfe den Insekten bieten können, vernichten will, kann man die Stümpfe abrinden, wie es z.B. heute in Lettland üblich ist. Eine grosse Fläche bietet übrigens der Stumpf eines sachgemäss gefällten Baumes den Insekten zum Nisten nicht.

Wenn jedoch der Preis für Stubben in einer Gegend besonders hoch ist, liesse sich das Ausroden verteidigen. Aber auch in diesem Falle ist sorgfältig darauf zu achten, dass nur der gröbste Teil der Stubben beseitigt und ausserdem die Grube im Boden sorgfältig ausgefüllt wird, so dass, wenn der Boden sich gesetzt hat, keine Vertiefung entsteht.

Da wir gesehen haben, wie grosse Bedeutung die Wurzeln der Bäume für die Struktur des Waldbodens haben, ist es ohne weiteres verständlich, dass bei der Aufforstung von Kahlflächen sich die Holzarten am besten eignen, deren Wurzelsystem reichlich und tiefgehend ist. Die Kiefer, deren

Wurzelsystem besonders auf Sandböden meist sehr oberflächlich ist, kommt also deswegen kaum in Frage. ALBERT (1907) und ZIMMERMANN (1908) empfehlen für diesen Fall Laubbäume und die Douglasfichte, dagegen nicht die Birke. Für unsere Verhältnisse ist die Birke, z.B. auf ehemaligen Äckern, besser geeignet als Nadelbäume. Auf trockenen Callunaheiden dagegen wächst die Birke sehr langsam, aber auch der Wuchs der Kiefer kann sehr kümmerlich sein, wie z.B. die Kulturen auf Siikakangas (eine Calluna-Heide in der Übungsforstei des forstlichen Unterrichts der Universität Helsinki) zeigen. Es wäre zu untersuchen, ob die Birke, was Bodenlockerung betrifft, solchen Böden Vorteile neben der Kiefer bietet. Verf. hat einen Fall auf Boden vom Calluna-Typ untersucht (1927), wo die Wurzelsysteme einer Kiefer und Birke, die in Brusthöhe 15.5 cm bzw. 10.5 cm Durchmesser hatten, ungefähr gleich umfangreich waren und auch in bezug auf ihre Gesamtwurzellänge nicht weit voneinander entfernt waren. Die mittlere Tiefe der horizontalen Wurzeln bei der Birke war jedoch viel grösser, nämlich 17.9, während diese bei der Kiefer nur 8.8 cm betrug. Allerdings war der Standort für Calluna-Typ ziemlich gut und der Boden bestand aus Moräne. Ob der Calluna-Typ auf Sandboden einen ebenso grossen Unterschied in der Tiefe der Wurzelsysteme aufweist, ist noch nicht festgestellt. — Die Wurzelsysteme unserer übrigen Holzarten sind noch wenig untersucht. Doch scheint es, als ob z.B. die Lärche (vgl. HEIKINHEIMO 1926) und die Schwarzerle (vgl. KUJALA 1924 und HILDÉN 1929) auf Standorten, die ihnen zusagen, den Boden vorzüglich lockern.

In diesem Zusammenhange sei erwähnt, dass die Wurzeln von Bäumen gern dort wachsen, wo grosse, am Boden liegende Stämme vermorscht sind (vgl. LAITAKARI 1927). Wenn auch im geordneten Waldbau das Vermorschenlassen ganzer Stämme nicht in Frage kommen kann, so müssen doch im extensiven Betriebe ziemlich kräftige Kronen im Walde liegen lassen.

Verwachsungen.

Wenn man die Wurzelsysteme der Bäume untersucht, bemerkt man, wie allgemein die Wurzeln der verschiedenen Baumindividuen miteinander verwachsen sind. GÖPPERT (1842, 1846) wies schon seinerzeit darauf hin,

dass in Fichten- und Tannenbeständen solche Verwachsungen sehr gewöhnlich sind. Die gleiche Erscheinung erwähnt auch Pfeil (1860). Verf. konnte feststellen, dass auch im Kiefernbestande organische Verwachsungen zwischen den einzelnen Baumindividuen häufig vorkommen, wenn vielleicht auch nicht in dem Masse wie in Fichtenbeständen. Wenn die Verwachsungen in der Nähe des Wurzelhalses stattfinden, wenn es sich also um gröbere Wurzeln handelt, trägt diese Erscheinung zweifellos zur Erhöhung der Windfestigkeit bei jedem Individuum bei. Die Verbindung braucht dabei nicht einmal organisch zu sein und auch benachbarte Bäume verschiedener Holzarten vermögen auf diese Weise sich wirksam zu stützen (vgl. Laitakari 1929). Bei der Durchforstung des Bestandes verlieren viele Bäume deshalb ausser der Stütze, den ihnen ein geschlossenes Kronendach bietet, auch den Vorteil, dass Verwachsung oder Verknäuelung der Wurzeln zur Verankerung der Bäume beitragen. Diese Stütze wird schon dadurch wesentlich vermindert, dass die ausgehauenen Bäume mit ihrem Gewichte nicht den gemeinsamen Wurzelbau stützen, und wenn dann später die Stubben der ausgehauenen Bäume zu vermorschen beginnen, wird die Stütze noch geringer. Anderseits haben sich die Bäume dann allerdings schon daran gewöhnt mit eigener Kraft dem Winde Widerstand zu leisten.

Die Verwachsungen zwischen den Wurzelsystemen der Bäume wirken auch auf andere Weise noch auf die gegenseitigen Beziehungen derselben ein. Es ist nämlich nachgewiesen worden (Laitakari 1927), dass ein Teil des Wurzelsystems bei einem ausgehauenen Baume in den Dienst eines zurückgebliebenen Baumes treten kann. Besonders in dichten Beständen muss dieser Vorgang ziemlich häufig sein. Obgleich diese Erscheinung keinen direkten Einfluss auf waldbauliche Massnahmen hat, darf in diesem Zusammenhange doch darauf hingewiesen werden, dass die günstige Einwirkung der Durchforstung auf den zurückbleibenden Bestand teilweise dieser Erscheinung zuzuschreiben ist und zwar in um so höherem Masse, je dichter der in Frage stehende Bestand ist. Auch von diesem Standpunkt aus ist also die Beseitigung der Baumstümpfe und Wurzeln auf Durchforstungsflächen nicht rätlich. Wo diese in Frage kommt, entsteht natürlich leicht, die Gefahr dass gleichzeitig die Wurzeln der leben-

den Bäume beschädigt werden. — Bisweilen kann man eine Erscheinung beobachten, welche der eben erwähnten entgegengesetzt ist, dass nämlich die Wurzeln eines noch wachsenden Baumes zum Besten eines ausgehauenen arbeiten. Die Folge davon kann Überwallung an der Schnittfläche des Baumstumpfes sein, eine Erscheinung, welche bei der Fichte und Tanne verhältnismässig gewöhnlich ist. Praktische Bedeutung hat dieser Vorgang allerdings nicht, doch zeigt er, wie die Tätigkeit der Wurzeln infolge des Zusammenwachsens der Wurzelsysteme recht eigentümlich Formen annehmen kann.

Form des Wurzelsystems.

Auch die Kenntnis der Form des Wurzelsystems der Bäume als Ganzes ist vom Standpunkt des praktischen Waldbaus aus von grosser Wichtigkeit. Wenn man z.B. die Struktur des Wurzelsystems der gewöhnlichsten Waldbäume besser kennte, würden nicht solche Missgriffe vorkommen, wie seinerzeit die Verwendung von Klemmpflanzung oder dass man die Wurzeln der Keimlinge mit einem Tonbrei begoss, damit sie besser in der Grube Platz fänden. Aber der Forstwirt muss auch die Struktur des Wurzelsystems der grösseren, erwachsenen Bäume in ihrer Abhängigkeit vom Standort kennen. Wo die Wurzeln sich nicht fest im Boden verankern, ist es angebracht vorsichtiger zu durchforsten und auch die übrigen Hiebe vorsichtiger vorzunehmen. Auch die Struktur des Wurzelsystems der verschiedenen Holzarten ist natürlich zu berücksichtigen. Besonders für Länder, wo viele verschiedene Holzarten angebaut werden, ist das von Wichtigkeit.

Der Forstwirt versucht die Windfestigkeit der Bäume und Bestände u.a. dadurch zu erhöhen, dass er die Hiebe gegen die herrschende Windrichtung führt. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Bäume schon von Natur aus ihr Wurzelsystem so entwickelt haben, dass es die beste Stütze gerade gegen die herrschenden Winde bildet, und dass sie, wenn ein starkes vertikales Wurzelsystem fehlt, mit anderen Mitteln ihre Wurzeln zu befestigen suchen (vgl. Laitakari 1927, 1929).

Auch bei Rodungsarbeiten ist es von Nutzen im Voraus die Formen

des Wurzelsystems unter verschiedenen Verhältnissen zu kennen, um danach die Kosten berechnen zu können.

Ferner ist in Fällen, wo eine Holzart zu verdrängen ist um einer anderen Platz zu machen, die Kenntnis des Wurzelsystems von Wichtigkeit. Da man z.B. weiss, dass die Espe aus ihren Wurzeln zahllose Ausschläge entwickelt, hat man als Mittel um die Espe zu beseitigen die Tötung der Wurzeln durch Abrinden der wachsenden Bäume verwandt. Wenn man das Wurzelsystem der Weisserle genau kennte, könnte man wohl ein praktisches Verfahren finden um diese meistens recht lästige Holzart zu vernichten.

Kubikinhalt des Wurzelholzes.

Schliesslich sei noch ein Ergebnis der Wurzelforschung angeführt, das in technischer Beziehung von Wichtigkeit ist, nämlich das prozentuelle Verhältnis des Kubikinhaltes des Wurzelholzes zum Stammvolumen. Obgleich oben die Verwendung des Wurzelholzes nicht empfohlen wurde, kann diese in gewissen Fällen doch in Frage kommen, und dann ist es von Wichtigkeit dieses Verhältnis zu kennen. Weiter ist es wichtig zu wissen, wie weit vom Wurzelhals der hauptsächlichste Teil des Kubikinhaltes liegt, wie gross der Teil ist, welcher auf die eigentliche Stubbe fällt und wie gross der Anteil der vertikalen und der horizontalen Wurzeln ist (vgl. Laitakari 1927).

Die obigen Darlegungen dürften genügen um zu zeigen, dass die Erforschung des Wurzelsystems der verschiedenen Holzarten, teilweise auch der Bodenvegetation nicht nur theoretisches Intresse beanspruchen kann, sondern von grosser praktischer Bedeutung ist. Gerade in unserem Lande hat die Forstwissenschaft aller Grund diese Untersuchungen fortzusetzen.

Literaturverzeichnis.

ALBERT, R. 1913. Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneberger Heide. V. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.) Berlin.

—»— 1923 a. Ist die Rodung der Wurzelstöcke dem Waldboden von Nutzen oder von Schaden? (Ibid.) Berlin.

—»— 1923 b. Bemerkungen zu vorstehender Abhandlung. (Die fragliche Abhandlung ist: HILF und LIESE, Zur Frage der Stubbenrodung.) (Ibid.) Berlin.

BURGER, HANS. 1922. Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. (Mitt. d. Schw. Centralanst. f.d. forstl. Versuchsw., Bd. XIII. Zürich.

—»— 1927. Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. II Mitteilung. (Ibid., Bd. XIV.)

CANNON, W. A. 1911. The root habits of the deserts plants. (Carnegie Inst. of Wash., Publ. No. 131.) Washington.

GÖPPERT. 1842. Ueber das sogenannte Ueberwallen von Tannenstöcken. (Nach GÖPPERT 1846.)

—»— 1846. Ueber die Ueberwallung der Tannenstöcke. (Bot. Ztg.) Berlin.

MARKLE, M. S. 1917. Root systems of certain desert plants. (The Bot. Gaz.) Chicago.

МЕЛЬДЕРЪ, ХР. 1911. Влiянie корневой системы нэ распредѣленie подроста около сосновыхъ сѣменниковъ въ сухомъ бору. (Résumé: Einfluss des Wurzelsystems auf die Gruppierung der Kulturen um die Samenbäume auf trockenem Sandboden. (Изв. Лѣсн. Инст.) С.-Петербургъ.

HEIKINHEIMO, OLLI. 1926. Myrskytuhoista Raivolan lehtikuusimetsässä syyskuun 23 päivänä 1924. (Referat: Über die Sturmschäden in dem Lärchenwalde bei Raivola am 23. September 1924. (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 12.) Helsinki.

HILDÉN, N. A. 1929. Kontusaaren tervalepikkö. (Referat: Der Schwarzerlenbestand von Kontusaari) (Acta forest. fenn., 34.) Helsinki.

HILF, H. H. 1927. Wurzelstudien an Waldbäumen. Hannover.

—»— und LIESE, J. 1923. Zur Frage der Stubbenrodung auf Talsandböden. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.) Berlin.

ILVESSALO, YRJÖ. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. (Referat: Ertragstafeln für Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte Finnlands.) (Acta forest. fenn., 15.) Helsinki.

KUJALA, VILJO. 1924. Tervaleppä Suomessa. (Referat: Die Schwarzerle in Finnland.) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 7.) Helsinki.

LAITAKARI, ERKKI. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. (Summary: The root system of Pine [*Pinus silvestris*]. A morphological investigation.) (Acta forest. fenn., 33.) Helsinki.

—»— 1929. Über die Fähigkeit der Bäume sich gegen Sturmgefahr zu schützen. (Acta forest. fenn., 34.) Helsinki.

LIESE, J. 1923. Siehe HILF und LIESE.

—»— 1926. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Kiefer *(Pinus silvestris)* nebst Beobachtungen an anderen Baumwurzeln. (Habilitationsschrift zur Erlangung der venia legendi der Forstlichen Hochschule Eberswalde.) Berlin.

PFEIL, W. 1860. Die deutsche Holzzucht. Leipzig.

САВИЧЪ, В. 1906. Флористическія и экологическія изслѣдованія въ Бузулукскомъ бору Самарской губерніи. (Тр. Оп. Лѣсн., Вып. IV.) С.-Петербургъ.

ТОЛЬСКІЙ, А. П. 1905. Матеріалы по изученію Формы и развитія корней сосны и другихъ древесныхъ породъ (Тр. Оп. Лѣсн., Вып. II.) С.-Петербургъ.

—»— 1907. Матеріалы по изученію строенія и жизнедѣятельности корней сосны. (Referat: Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems von *Pinus silvestris*.) (Тр. по Лѣсн. Оп. дѣлу въ Россіи., Вып. XXXII.) С.-Петербургъ.

—»— 1911. Матеріалы по изученію состоянія и развитія корней у отдѣльныхъ сосенъ и въ насажденіяхъ Бузулукскаго бора. (Ibid., Вып. XXXII.) С.-Петербургъ.

WEAVER, J. E. 1919. The ecological relations of roots. (Carnegie Inst. of Wash., Publ. No. 286.) Washington.

WOODHEAD, THOMAS WILLIAM. 1906. Ecology of woodland plants in the neighbourhood of Huddersfield. (Inaugural-Dissertation.) Zürich.

ВЫСОЦКІЙ, Г. Н. 1899. Гидрологическія и гео-біологическія наблюденія въ Велико-Анадолѣ. (Почвовѣдѣніе.) С.-Петербургъ.

ZIMMERMANN, A. 1908. Untersuchungen über das Absterben des Nadelholzes in der Lüneburger Heide. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.) Berlin.

Juuritutkimuksen suhteesta käytännölliseen metsätalouteen.

On varsin luonnollista, että kasveja ja niiden elämää tutkittaessa on päähuomio kiinnitetty niiden maanpäällisiin osiin. Nehän ovat ilman muuta alttiina havainnonteolle, ne muodostavat useimmiten kasvin tärkeimmän osan ja tarjoavat tutkijalle varsin monipuolista havaintoaineistoa. Viime aikoina on kuitenkin tultu siihen tulokseen, että kasvien ja niiden välisten suhteiden tuntemus on sangen vaillinaista, ellei myös olla selvillä kasvien maanalaisista osista. Tämä tuntemus on jo käytännön kannaltakin huomattu välttämättömäksi sikäli kuin on kyseessä jonkin kasvin viljeleminen, kasvattaminen tai hävittäminen.

Puiden juuristoja on toistaiseksi tutkittu vielä vähemmän kuin muiden kasvien vastaavia osia. Metsätiede ei ole vielä ehtinyt näitä kysymyksiä paljoakaan selvitellä. Kuitenkin on osoittautunut, ettei yksityisen puun ja metsikön kasvusuhteita ja kehitystä voida täysin ymmärtää, ellei olla selvillä myös juuristosta, sen muodoista, ulottuvaisuuksia ja kehityksestä eri olosuhteissa. — Jokainen puiden juuristoon kohdistuva tiedon lisä on näin ollen omiaan täydentämään metsän elinehtojen tuntemista ja siten välillisesti helpottamaan metsän kasvatusta.

Puiden juuriin kohdistuva tutkimus on kuitenkin saavuttanut ja saavuttaa varmaan vielä tuloksia, joilla on suoraan käytäntöön johtava merkityksensä. Näistä juuri on tässä tarkoitus esittää muutamia piirteitä.

Juuriston syvyys.

Otettakoon ensinnä tarkastettavaksi juurten syvyys. Tällöin kiintyy ennen muuta huomio siihen suureen merkitykseen, joka juurten syvyystasolla on juuristojen keskinäisen kilpailun kannalta. Tämän ovat m.m. osoittaneet WOODHEAD (1906), CANNON (1911), MARKLE (1917) ja WEAVER (1919) tosin nojautuen pääasiallisesti ruohokasvien suhteen tehtyihin tutkimuksiin. Mainitut tiedemiehet ovat todenneet, että useissa kasviyhdyskunnissa on havaittavissa juurten kerroksellisuutta, joka vaimentaa kilpailua ja tekee mahdolliseksi useampien lajien menestymisen samalla kasvupaikalla. — Allekirjoittanut on osoittanut (1927), että männyn horisontaalisen juuriston keskisyvyys

suurenee iän mukana (edellytettynä, että puu on saanut kasvaa suunnilleen normaalisissa oloissa), joskaan erot eivät ole vallan suuria. Tähän vaikuttaa jossain määrin puun ja juuriston lisääntyvä paino, mutta etupäässä se seikka, että vertikaalisista keskusjuurista lähtee horisontaalisia juuria sitä syvemmältä, mitä syvempään vertikaalinen juuristo on ennättänyt tunkeutua. Kun puun vertikaalinen juuristo kypsyneellä iällä on saavuttanut lopullisen ulottuvaisuutensa, ei suuria muutoksia horisontaalisten juurten keskisyvyydessä enää tapahdu. Myöskin kuusen suhteen näyttää asia olevan samoin, vaikkakin tutkittu aineisto on verraten pieni. Joka tapauksessa on puheena oleva ilmiö omiaan osoittamaan, että eri ikäisten (tai paremmin eri kokoisten) puiden juuristojen välinen kilpailu on vähemmän ankaraa kuin saman kokoisten. Siten esim. taimisto ei ensimmäisinä ikävuosinaan kärsi kovinkaan paljon emäpuiden juuristojen kilpailusta.

Mutta suurempi käytännöllinen merkitys kuin äsken mainitulla ilmiöllä, on sillä seikalla, että eri puulajien juuristot näyttävät myös keskimäärin kulkevan eri syvyyksillä. Tässä suhteessa on verraten niukasti suoritettu eksaktisia tutkimuksia, mikä onkin luonnollista, sillä ennen kuin mittauksilla on jotakin merkitystä, täytyy koko juuriston tai ainakin melkoisen osan siitä olla esiin kaivettuna ja mittauksia on suoritettava säännöllisin välein. Täten joudutaan keskikokoisen männyn juuristosta esim. suorittamaan n. 200 syvyysmittausta, vaikka mittaukset suoritetaankin vain 2 m:n välimatkoin. — Venäjällä on Tolski (1905, 1907) suorittanut männyn juuriston suhteen joukon syvyysmääräyksiä ja Suomessa on allekirjoittanut (1927) tutkiessaan männyn juuristoa myös selvittänyt sen horisontaalisen juuriston syvyystason erilaisilla kasvupaikoilla. Kuusen juuristosta ei perusteellisia mittauksia liene tehty. Mutta sangen yleinen käsitys on, että kuusen horisontaalinen juuristo on varsin pinnallinen. Tätä käsitystä tukevat allekirjoittaneen (1927) mittaukset. Yhdeksän pienenlaisen kuusen (etupäässä alikasvospuita) pintajuuriston keskisyvyys tuli numeerisesti määrätyksi jonka ohessa tehtiin joukko silmämääräisiä havaintoja. Kun samoilta koealoilta määrättiin myös männyn vastaava keskisyvyys, voitiin poikkeuksetta todeta, että kuusen horisontaalinen juuristo kulki melkoista lähempänä pintaa kuin männyn. Varttuneiden kuusien suhteen ei mittauksia tehty, mutta ainakin pienikokoisten kuusten juuristo oli melkoista matalammassa kuin varttuneiden mäntyjen ja myöskin matalammassa kuin saman kokoisten mäntyjen. Kuivilla hiekkakankailla ei kuusia tutkittu. Olisiko niiden juuristo silläkin ollut lähempänä pintaa kuin männyn, on epätietoista. — Koivun juuristoa on tutkittu vielä vähemmän kuin kuusen. Allekirjoittaneen (1927) suorittamat muutaman puun suhteen tehdyt mittaukset näyttävät viittaavan siihen suuntaan, että koivun vaakasuora juuristo kulkee ainakin yhtä syvässä kuin männyn, mutta sangen todennäköisesti vielä syvemmässä.

Yleensähän mainitaan lehtipuita ammattikirjallisuudessa syväjuurisiksi (vrt. esim. Albert 1913 ja Burger 1927) ja esim. bulevardipuina yleisesti käytettyjen lehmuksen ja vaahteran täytyy ollakin syväjuurisia tullakseen toimeen mainituissa olosuhteissa.

Varsin syvälle ulottuva oli ainakin erään kookkaan, kadun varrelta poistetun lehmuksen juuristo, jonka sattumoisin tulin näkemään.

Edellä esitetystä johtuu eräitä kiintoisia päätelmiä. Ensinnäkin voidaan panna merkille, että mänty ja kuusi toisaalta ja kuusi ja koivu toisaalta eivät juuristoillaan kilpaile yhtä ankarasti kuin saman puulajin puut keskenään. Todennäköisesti on myös männyn ja koivun välinen juuristokilpailu lievempää kuin puhtaassa männikössä esiintyvä. Jos näin on laita, niin voidaan edelleen päätellä, että maan kasvuvoima tulee parhaiten hyväksi käytetyksi, jos kaikkia kolmea puulajia tai ainakin kahta kasvatetaan yhdessä. Edellytyksenä tietenkin on, että kasvupaikka tosiaan on sellainen, jossa puheena olevat puulajit voivat menestyä. Ellei näinkään pitkälle tahdota päätelmässä mennä, on joka tapauksessa myönnettävä, että kuusialikasvoksen ja valtamännikön horisontaalisten juuristojen keskisyvyydet poikkeavat toisistaan siksi paljon, että niiden välistä kilpailua on pidettävä vähäisenä. Samaa voidaan sanoa kuusialikasvoksen ja valtakoivikon välisestä juurikilpailusta. Alikasvoksen ilmestymistä päämetsän alle ei siis ole katsottava karsain silmin siinä mielessä, että alikasvos haittaisi päämetsän kasvua. Onkin yleisesti tunnettua, että ainakin Suomen oloissa kuusialikasvos mainiosti viihtyy männikön ja koivikon alla.

Mikäli eri puulajien juuristot tulevat tarkoin tutkituiksi ja tietoja saadaan niiden syvyystasoista, on tämä suurena apuna kasvatettavien metsikköjen puulajikokoomusta suunniteltaessa. Kun nykyään harrastus sekametsien kasvattamiseen on lisääntymässä, olisi täysi syy valita puulajit siten, että juuristokilpailu niiden välillä olisi mahdollisimman vähäinen.

Juuristojen väliseen kilpailuun vaikuttavat luonnollisesti osaltaan myöskin vertikaaliset juuristot. Nämä muodostavat kuitenkin tavallisesti sekä männyllä että varsinkin kuusella koko juuristoon nähden jotensakin vähäisen osuuden. Niiden merkitys ei silti tietenkään ole vähäinen, mutta keskinäinen kilpailu vertikaalisten juurten välillä on kuitenkin suhteellisesti pientä. Erinäisissä tapauksissa tosin eri puuyksilöiden, jopa puulajienkin vertikaaliset juuret ohjautuvat samaa uomaa (esim. lahonneen juuren jättämää) alaspäin. Tällöinkin on kuitenkin kaikille riittävästi tilaa. Männyn ja kuusen välistä juuristokilpailua on yhtä kaikki omiaan vähentämään se seikka, että männyllä usein on voimakas ja verraten syvälle ulottuva vertikaalinen juuristo, kun taas kuusen vastaava juuristo yleensä on paljon heikompi tai puuttuu kokonaan.

Paitsi keskenään, kilpailevat puut vedestä ja ravintoaineista myös muiden metsäkasvien kanssa. Varsinkin taimiasteella saattaa tämä kilpailu olla niin ankara, että se johtaa taimien tuhoon. Kysymykseen tulevat tällöin etupäässä varpukasvit, mutta myöskin ruohot ja heinät. On selvää, että nämä kasvit maan pintakerroksissa kilpailevat ankarasti puiden, varsinkin taimien ja nuorten puiden juuristojen kanssa. Mutta eräät tekemäni havainnot osoittavat, että varpujen, jopa eräiden heinienkin juuret saattavat ulottua melkoisiin syvyyksiin. Jotta niiden merkitys juurikilpailussa tulisi selvitetyksi, olisi kuitenkin niiden juuristojen ulottuvaisuuksia tutkittava. Tällöin sel-

viäisi, mitkä metsämaan pintakasveista erikoisesti ansaitsevat rikkaruohon nimen ja mitä siis kannattaisi ryhtyä hävittämään tai ainakin vähentämään. Metsää uudistettaessa voisi tällöin tulla kysymykseen kulottaminen, johon tarpeen vaatiessa voisi liittää äestämisen. Joidenkin hidaskasvuisten kasvien suhteen voisi jo niittäminenkin tuottaa toivotun tuloksen. Metsän kasvuaikana olisi varjostaminen pääasiallisin keino rikkaruohoja vastaan ja tällöin voisi nimenomaan alikasvoksesta olla hyötyä puheena olevaan tarkoitukseen. Mahdollisesti voisi intensiivisimmissä oloissa tulla kysymykseen myös äestäminen metsän kasvuaikana, jolla toimenpiteellä samalla eräissä tapauksissa parannettaisiin maan fysikaalisia ominaisuuksia. — Rikkaruohojen poistaminen helpottaisi luonnollisesti paitsi juuristokilpailua myös kilpailua valosta.

Edellä mainitut toimenpiteet, kulottaminen ja maanpinnan rikkominen on tässä yhteydessä toisestakin syystä otettava käsiteltäviksi. Jotta nimittäin niiden vaikutusta elossa oleviin puuyksilöihin voitaisiin oikein arvostella, on tunnettava, millä syvyydellä puiden juuristo kulkee. Niinpä voi siemenpuiden juuristo helposti turmeltua tulen vaikutuksesta, ellei polttamista osata järjestää sen mukaan kuin minkin puulajin juuristo ja muut asiaan vaikuttavat olosuhteet vaativat. Aivan samoin on laita erilaisten muokkausaseiden. Niiden terät tai piikit saattavat katkoa juuria siinä määrin, että puiden kasvu ja siis myös siemenen tuotantokyky vähenee. Toisaalta saattaa juurten osittainen kärventyminen tai katkeileminen olla hyödyksikin, nim. siten, että juuristokilpailu siemenpuiden taholta vähenee nuorennoksen hyödyksi. Tiheässä siemenpuuasennossa voi siis kulottaminen tai verraten syvällekin ulottuva maan muokkaus olla hyväksi, mutta harvassa asennossa on puiden kuntoisuus tietenkin pyrittävä säilyttämään aivan vähentymättömänä. Mutta jotta edellä mainittua haittaa voitaisiin välttää tai hyötyä käyttää hyväksi, on tietenkin tunnettava eri puulajien juuriston syvyystaso eri olosuhteissa.

Miltei sananparreksi on muuttunut väittämä, ettei männyn syvälle tunkeutuva juuristo sanottavasti vahingoitu ainakaan lievästä kulosta. Onhan kyllä totta, että osa männyn juuristoa voi tunkeutua hyvinkin syvälle ja tämä tietenkin jää vahingoittumatta, mutta suurin osa kulkee vaakasuorasti ja eräissä olosuhteissa varsin lähelläkin maanpintaa, jopa vain 2—3 cm:n syvyydellä (vrt. Laitakari 1927). Olisihan suorastaan ihme, ellei näin matalassa kulkeva juuristo vahingoittuisi kulossa tai erinäisiä muokkausvälineitä käytettäessä. Allekirjoittanut onkin tutkiessaan männyn juuristoa kulon aikanaan kohtaamilla kasvupaikoilla tavannut runsaasti tulen vioittamia tai tulen vaikutuksesta kuolleita ja lahonneita juuria. Ei siis ole syytä luulla, että jokin kulon kohtaama, eloon jäänyt männikkö silti olisi säilynyt vaurioilta. Sen juuristo on saattanut pahastikin vioittua, ja kun mänty verraten heikosti saattaa kehittää uusia juuria menetettyjen tilalle, on vahinko sitäkin tuntuvampi. Seurauksena saattaa olla niin huomattava kasvun väheneminen, ettei metsikön enempi kasvattaminen ehkä ole taloudellisesti edullista, varsinkin, jos on kyseessä vanhahko, jo hakkuukelpoinen met-

sikkö. Sen uudistaminen voi olla hyvin kannattava toimenpide, etenkin koska luontainen nuorentuminen juuri kulon jälkeen onnistuu hyvin.

Että kulon vaikutus saattaa olla nuorentumiselle eduksi nimenomaan emäpuiden juuristokilpailua vähentämällä, siitä mainittakoon esimerkkinä MELDERin kertoma tapaus (MELDER 1911) Latviasta. Erään vanhan männikön alla ei tavattu lainkaan taimistoa, vaikka metsä osittain olikin harvaa ja repaleista. Sen sijaan eräässä saman metsikön osassa, jossa kulo oli käynyt, oli hyvä nuorennos. Osittain olivat tähän syynä palon aiheuttamat edulliset muutokset humuskerroksessa, mutta pääasiallisimpana syynä pitää MELDER juurikilpailun vähenemistä.

Väliin poltetaan harvennushakkauksen jättämät oksat ja risut metsässä kasoihin kerättyinä. Harvoin ovat kuitenkaan ympärillä olevien puiden juuristot niin syvässä, etteivät ne tästä toimenpiteestä pahoin kärsisi.

Juuristojen syvyydestä on edelleenkin oltava selvillä, kun tulee esille sellaisia kysymyksiä kuin sammalen tai jäkälän kerääminen metsästä. Tässä ei ole syytä puuttua siihen, mitä nämä toimenpiteet vaikuttavat humuksen muodostumiseen ja maanpinnan kosteussuhteisiin sinänsä. Mutta juuristojen kannalta on pantava merkille, että varsinkin kuusen juuret, mutta eräissä tapauksissa männynkin kulkevat siksi lähellä maanpintaa, että sammalen poistaminen saattaa ne kuivumiselle alttiiksi. Aivan nuorten kuusten juuret saattavat suorastaan paljastuakin, kun sammalpeite poistetaan. Jäkäläpeitteen merkitys sen sijaan lienee vähäisempi, se kun ei ole niin yhtenäinen eikä myöskään niin tiheä kuin sammalpeite.

Puiden käyttäminen kujapuina viljelysten keskellä tai kaupungeissa edellyttää myös juuristojen syvyystason tuntemista. Kuusi ja mänty eivät tähän tarkoitukseen sovellu, koivu jo paremmin ja useat syväjuuriset jalot puulajit, kuten lehmus ja vaahtera mainiosti. Myös pajulajit ovat erikoisen sopivia.

Juuriston laajuus.

Juuriston laajuuden tunteminen voi monesti olla käytännönkin kannalta tärkeätä. Kun esim. tulevat kysymykseen hakkausalan valmistamistoimenpiteet, on tiedettävä, kuinka lähelle reunametsää ja siemenpuita voidaan mennä, jos tahdotaan niiden juuristot säilyttää vahingoittumattomina. Varsinkin kulotuksen suhteen on tarpeellista siemenpuiden ja reunametsän suojaaminen ja sitä enemmän, mitä arempi puulaji on ky seessä.

Metsän ja viljelysmaan rajoittuessa toisiinsa on luonnollisesti tärkeätä tietää, miten pitkälle puut voivat juuristonsa ulottaa ja siten imeä ravintoa pellosta. Kujannepuita valittaessa, milloin kujanne kulkee viljelysmaan halki, on tietenkin myös edullista välttää laajajuuristoisia puita ja käyttää suppea- ja syväjuurisia.

Onko metsikön luontainen tiheys suoranaisesti riippuvainen juuristojen laajuudesta,

ja olisiko siis esim. harvennushakkauksien astetta määrättäessä otettava huomioon juuristojen laajuus, on toistaiseksi ratkaisematon kysymys. Eräät tosiasiat puhuvat mainitun riippuvaisuuden olemassaolon puolesta. Niinpä yhtä kookkaiden (puut keskimäärin yhtä suuria) luonnontilassa olevien saman puulajin metsikköjen puuluku hehtaaria kohti kasvaa sikäli kuin siirrytään huonommasta metsätyypistä parempaan (Y. ILVESSALO 1920). Samalla tavoin pienenee juuristojen laajuus laihasta metsämaasta viljavampaan päin (LAITAKARI 1927), mikäli on kyseessä samantapainen maalaji. Juuriston laajuuden ja maalajin välillä on siis olemassa riippuvaisuutta, jota taas ei ole havaittavissa maalajin ja metsän luontaisen tiheyden välillä. Myöskin on kuusikon puuluku hehtaaria kohti paljon suurempi kuin yhtä kookkaan männikön. vaikka kuusen juuristo todennäköisesti on laajempi kuin männyn. Tässä on ehkä eräs kuusen suuremman varjonsietävyyden ilmenemismuoto. Huomiota ansaitsee tässä yhteydessä myös HILFin (1927) havainto, jonka mukaan kuusen vaakasuoran juuriston haarova osa lankeaa latvuksen ulkopuolelle, joten sen varsinaisesti toimiva osa siis olisi melkoista pienempi kuin juuriston kokonaisala.

Harvennushakkauksia toimitettaessa on tärkeätä tietää, miten kauas poistettavan puun juuristo ulottuu. Vasta kun puun vaikutuspiiri on suunnilleen tunnettu, voidaan arvostella, mitä puun poistaminen vaikuttaa.

Puiden juuristo ja metsämaan rakenne.

Eräs käytännön kannalta huomattava seikka on entisten puusukupolvien juurten merkitys nykyisen metsän kannalta. Kuten eräät tutkijat m.m. WYISOTSKI (1899), SAWITŠ (1906) ja TOLSKI (1911) Venäjällä sekä ALBERT (1913), LIESE (1927) ja HILF (1927) Saksassa sekä allekirjoittanut (1927) Suomessa ovat todenneet, käyttävät nimittäin juuret usein kulkuteinään entisten puiden lahoavia juuria tai niiden jättämiä uomia. Erittäinkin vertikaalisille juurille näyttää näillä kulkuteillä olevan suuri merkitys, mutta myös horisontaalisia juuria on tavattu lahoavien juurten uomissa. ALBERTin (1913) mukaan on Lüneburgin nummella erittäinkin lehtipuilla suuri merkitys siinä suhteessa, että ne valmistavat maaperää muillekin puulajeille. Yleensäkin vaikuttavat puiden lukemattomat risteilevät juuret sen, että maan rakenne, arkkitehtuuri säilyy sopivana metsän kasvatukselle.

Siihen suureen merkitykseen, joka puiden juurilla on metsämaaperän arkkitehtuurin luomisessa, on erittäinkin BURGER (1922, 1929) kiinnittänyt huomiota. — Jos nyt maan rakenne tavalla tai toisella tulee rikotuksi, on uudella puusukupolvella tavallista suuremmat vaikeudet voitettavanaan. Tämä rikkoutuminen saattaa tapahtua esim. siten, että maa välillä joutuu maataloudelliseen käyttöön: pelloksi, niityksi tai laitumeksi tai siten, että maa pitkiksi ajoiksi jää paljaaksi.

On yleisesti tunnettua, miten vaikeaa on metsittää kauan aukeina olleita maita, ja myös entisten peltojen metsittäminen on usein sangen työlästä. Metsittämisvaikeus on

tietysti myös riippuvainen maan laadusta. Vaikeita ovat etenkin tiiviit ja soistumaan taipuvaiset maat, mutta myös hiekkamaat voivat olla hyvinkin työläitä metsitettäviä. Niiltä häviävät nopeimmin lahoamisen vaikutuksesta entiset juuret ja niiden käytävät tukkeutuvat. Tällaisten maiden suuri laihuus on myös usein esteenä taimien menestymiselle. On kyllä mahdollista, että pitkä aukeana olo on voinut aiheuttaa maaperään muitakin epäedullisia muutoksia, jotka estävät metsittymistä, mutta yhtenä syynä on epäilemättä juurikanavien tukkeutuminen. Tästä tulee elävästi vakuutetuksi tutkiessaan puiden juuristoja. Sillä jo yhden ainoan puun juuristo voi muodostaa uskomattoman tiheän verkoston, ja tiheässä metsässä on tämä verkosto vielä monin verroin tiheämpi ja monisokkeloisempi.

Jos siis tahdotaan välttää metsittämisvaikeuksia, on aukeat alat, esim. kulon hävittämät alueet saatettava metsää kasvamaan ennen kuin juuret ennättävät lahota ja niiden jättämät käytävät tukkeentua. Milloin entisiä peltomaita metsitetään, on kulttuuri tehtävä mahdollisimman huolellisesti ja sopivinta puulajia käyttäen. Myös on kulttuurista aluksi pidettävä erikoista huolta, koska epäonnistumisen mahdollisuudet ovat suuret. Tässä yhteydessä mainittakoon, että maassamme ennen niin yleinen kaskeaminen ei hävitä puheena olevaa maan rakennetta ainakaan enemmälti, maan muokkaus kun on pinnallinen eikä maataloudellista käyttöä kestä yhteen jaksoon kuin enintään muutaman vuoden. Entiset kaskimaat ovatkin, kuten tunnettua, yleensä metsittyneet varsin hyvin luonnon kylvöstäkin ja niin ikään milloin kulttuuri on toimitettu. Sen sijaan metsittyvät luonnon varaan jätetyt pellot tavallisesti sangen hitaasti.

Melkoisessa määrässä hävittää metsämaan luonnollisen rakenteen tietenkin kantojen raivaaminen. Meikäläisissä oloissa on männyn kantoja jossain määrin raivattu metsämailta tervateollisuutta varten, mutta Keski-Euroopan maissa, missä puun hinnat ovat korkeat, harjoitetaan kantojen raivaamista paikoin yleisesti. Toimenpidettä on pidetty metsänhoidollisestikin sangen suotavana, koska siten hävitetään tuhohyönteisten pesimispaikkoja ja samalla valmistetaan muokattuja aloja luonnon siemennystä varten.

ALBERT (1923 a), joka aikaisemmissa tutkimuksissaan oli voinut panna merkille, miten tärkeitä kulkuteitä lahoavat juuret ovat uudelle puusukupolvelle, ryhtyi vastustamaan kantojen raivausta pitäen sitä nimenomaan metsälle vahingollisena toimenpiteenä. HILF ja LIESE (1923) esittivät silloin sen mielipiteen, ettei kantojen raivaus huolellisesti toimitettuna (kannon paikalle syntynyt kuoppa täytetään) ainakaan hiekkamailla olisi haitaksi. ALBERTkin (1923 b) myöntää, ettei vahinko hiekkamailla ole niin suuri kuin kiinteillä saviperäisillä mailla, joilla kannon paikka muuttuu sateitten vaikutuksesya niin tiiviiksi, etteivät taimet siinä ota kasvaakseen. — Epäilemättä on kuitenkin kantojen raivaamisesta hiekkamaillakin suurta vahinkoa, vaikkapa kuopat huolellisesti täytettäisiinkin. Tosin eivät kantojen mukana edes kaikki vahvimmatkaan juuren osat tule irti kiskotuiksi, mutta juuri entisten kantojen paikoilta saavat usein esim. männyn vertikaaliset juuret alkunsa, kuten allekirjoittanut on osoittanut (1927).

Koska vertikaalisten juurten tehtävänä usein on toimia veden ottajina pohjavedestä, on niiden merkitys juuri kuivilla hiekkamailla suuri. Tämän seikan tärkeyden on myös ALBERT (1913) pannut merkille Lünebergin nummilla. Ei siis hiekkamaillakaan voida puolustaa kantojen raivaamista, jos tahdotaan pitää silmällä uuden puusukupolven etuja. Jos halutaan hävittää kantojen tarjoamat tuhohyönteisten pesimäpaikat, voidaan kannot kuoria, kuten Latviassa nykyisin on tapana. Suurta alaa ei sitä paitsi asianmukaisesti kaadetun puun kanto tarjoakaan hyönteisten olopaikaksi. Mikäli kuitenkin kannoista saatava hinta jollakin paikkakunnalle on erikoisen korkea, voidaan raivaamista puolustaa. Mutta tällöinkin on otettava varteen, ettei poisteta muuta kuin juurakon järein osa. Lisäksi on maahan syntyvä kuoppa huolellisesti täytettävä siten, ettei maan painumisen jälkeenkään muodostu syvennystä.

Kun edellä on nähty, mikä suuri merkitys puiden juurilla on metsämaan rakenteen luomisessa, käy ilman muuta selville, että aukeita maita metsitettäessä ovat edullisimpia sellaiset puulajit, joiden juuristo on runsas ja syvällä kulkeva. Mänty, jonka juuristo varsinkin hiekkamailla enimmäkseen on hyvin pinnallinen, ei siis ole erikoisen suositeltava. ALBERT (1907) ja ZIMMERMANN (1908) esim. pitävät lehtipuita ja Douglaskuusta sopivana tällaisessa tapauksessa; koivua ei kuitenkaan suositella. Meikäläisissä oloissa on koivu esim. entisillä pelloilla epäilemättä havupuita sopivampi. Kuivilla kanervakankailla koivu kasvaa kovin hitaasti, mutta männynkin kasvu saattaa olla perin kituvaa, kuten esim. Siikakankaan kulttuurit osoittavat. Olisi tutkittava tarjoaako koivu maaperän möyhentämisessä tällaisilla mailla etuja männyn rinnalla. Allekirjoittanut on tutkinut (1927) erään tapauksen kanervatyypin maalta, jolloin rinnan korkeudelta 15.5 senttisen männyn ja 10.5 senttisen koivun juuristot olivat jokseenkin yhtä laajat ja niiden kokonaispituudetkin varsin lähellä toisiaan. Koivun horisontaalisten juurten keskisyvyys oli kuitenkin paljon suurempi, nim. 17.9 cm, kun männyn oli vain 8.8 cm. Kuitenkin oli kasvupaikka kanervatyypiksi hyvänlaista ja maaperä oli moreenia. Olisiko hiekkamaan kanervatyypillä ainakaan näin suurta eroa juuristojen syvyyksissä, on epätietoista. — Muiden puulajiemme juuristoja on vain vähän tutkittu. Kuitenkin näyttää siltä, että esim. lehtikuusi (vrt. HEIKINHEIMO 1926) ja tervaleppä (vrt. KUJALA 1924 ja HILDÉN 1929) niille sopivilla kasvupaikoilla olisivat erinomaisia maan möyhentäjiä.

Tässä yhteydessä mainittakoon, että puiden juuret myös halukkaasti käyttävät kulkutienään suuria maatuneita runkoja (vrt. LAITAKARI 1927). Vaikkakaan kokonaisten runkojen jättäminen maatumaan ei järjestetyssä metsätaloudessa juuri tule kysymykseen, täytyy ekstensiivisissä oloissa melko järeitä latvuksia jättää metsiin lahoamaan.

Yhteenkasvettumat.

Tutkittaessa puiden juuristoja tullaan ennen pitkää panneeksi merkille, miten yleisesti eri puuyksilöjen juuret ovat keskenään kasvettuneet yhteen. GÖPPERT (1842,

1846) jo aikoinaan mainitsee, että kuusi- ja jalokuusimetsiköissä tällaiset yhteenkasvettumat ovat sangen yleisiä. Saman ilmiön mainitsee Pfeil (1860). Allekirjoittanut on todennut (1927), että myöskin männikössä eri puuyksilöjen väliset elimelliset yhteenkasvettumat ovat varsin yleisiä, joskaan ei ehkä niin yleisiä kuin kuusikoissa. Milloin yhteenliittyminen tapahtuu lähellä tyveä ja kyseessä siis ovat järeät juuret, on tämä liittyminen epäilemättä omiaan vahvistamaan kumpaakin puuta myrskyä vastaan (vrt. Laitakari 1929). Liittymän ei tällöin edes tarvitse olla elimellinen ja tällä tavoin voivat siis eri puulajiakin olevat lähekkäiset puut tehokkaasti tukea toisiaan. Kun siis metsikköä harvennetaan, menettävät useat puut paitsi sitä tukea, jonka oksistojen toisiinsa nojautuminen tuottaa, myös sen tuen, jonka aiheuttaa juurten yhteenkasvettuminen tai yhteenliittyminen. Tämä tuki vähenee tuntuvasti jo sen johdosta, etteivät poistetut puut enää ole painollaan lujittamassa yhteistä juurirakennelmaa. Myöhemmin kun poistettujen puiden kannot alkavat lahota, vähenee tuki edelleen. Toisaalta ovat puut jo tällöin tottuneet omin neuvoinkin tuulta kestämään.

Mutta puiden juuristojen keskinäinen yhteenkasvettuminen vaikuttaa toisellakin tavoin puiden keskinäisiin suhteisiin. On nim. näytetty toteen (Laitakari 1927), että osa jonkin kaadetun puun juuristosta voi yhteenkasvettumien välityksellä siirtyä jonkin jäljelle jääneen puun »palvelukseen». Varsinkin tiheissä metsiköissä täytyy tämän tapahtuman olla melko yleinen. Vaikkakaan kyseessä oleva ilmiö ei suoranaisesti vaikuta metsänhoidollisiin toimenpiteisiin, on syytä tässä yhteydessä huomauttaa, että osa harvennushakkausten edullisesta vaikutuksesta jäljelle jäävän metsikön kasvuun on luettava juuri tämän ilmiön ansioksi ja sitä suuremmassa määrässä, mitä tiheämpi metsikkö on kyseessä. Tältäkin kannalta on siis syytä välttää kantojen ja juurien poistamista harvennusaloilta. Mikäli tällainen tulee kysymykseen, on siitä tietenkin myös se haitta, että vahingoitetaan samalla elävien puiden juuria. — Toisinaan on havaittavissa edellä kerrotulle ilmiölle vastakkainenkin, nim. kasvavan puun juurien astuminen kaadetun puun palvelukseen. Tällaisesta voi olla seurauksena kannon kyljestyminen (kallusmuodostuma kannon leikkauspinnassa), joka kuusella ja jalokuusella on verraten yleinen ilmiö. Käytännöllistä merkitystä sillä ei tietenkään ole, mutta se on omiaan osoittamaan, miten juurien toiminta juuristojen yhteenkasvettumisen vaikutuksesta voi saada varsin omituisiakin muotoja.

Juuriston muoto.

Mitä tulee puiden juuriston muotoon kokonaisuutena ottaen, on senkin tunteminen käytännöllisen metsänhoidon kannalta monesti tärkeää. Jos esim. olisi tunnettu paremmin tavallisimpien metsäpuiden juuriston rakenne, ei sellaisia erehdyksiä olisi tehty kuin aikoinaan tapahtui puristusistutusta käytettäessä tai milloin istutettavien taimien juuristo kastettiin savivelliin, jotta se helpommin saatiin kuoppaan sopimaan. Mutta metsänhoitajan on tarpeellista tuntea myös isompien, varttuneiden puiden juuriston

rakenne ja sen vaihtelut kasvupaikasta riippuen. Sellaisille paikoilla, missä juuristo ei pääse lujasti maahan kiinnittymään, on syytä harventaa varovaisemmin ja samoin on tietenkin muutkin hakkuut suoritettava varoen. On selvää, että hakkuissa on myös eri puulajien juuriston rakenne otettava huomioon. Varsinkin sellaisissa maissa, missä kasvatetaan lukuisia puulajeja, on tämä tärkeä seikka.

Puiden ja metsikköjen tuulenkestävyyttä pyrkii metsänhoitaja ottamaan huomioon m.m. siten, että hakkaus johdetaan kohtisuoraan vallitsevan tuulen suuntaa vastaan. Tässä yhteydessä voi olla hyödyksi tuntea se tosiseikka, että puut jo luonnostaan ovat varustaneet juuristonsa siten, että se on lujin juuri vastaanottamaan vallitsevia tuulia. Huomattakoon myös, että puut lujan vertikaalisen juuriston puuttuessa pyrkivät toisilla tavoin jalustaansa lujittamaan (vrt. LAITAKARI 1927 ja 1929).

Juuriston tuntemus tulee kyseeseen myös sellaisessa tapauksessa, jolloin jotakin puulajia on tarkoitus hävittää toisten tieltä. Kun esim. tiedetään, että haapa kehittää juuristaan suunnattoman määrän vesoja, on haavan poistamiskeinoksi keksitty juuriston tappaminen kaulaamalla (kuorimalla) puut pystyyn. On hyvin mahdollista, että esim. harmaanlepän juuriston tarkka selvittely voisi johtaa johonkin varsin käytännölliseen menetelmään tämän enimmäkseen kiusallisen puulajin hävittämiseksi.

Juuripuun kuution selvittely.

Lopuksi mainittakoon eräs juuritutkimuksen tulos, jolla teknillisessä suhteessa on merkityksensä. Tarkoitan juuripuun kuution prosenttista suhtautumista rungon kuutioon ja yleensä juuripuun kuution selvittelyä. Vaikka edellä ei suinkaan ole suoritettu juuripuun hyväksi käyttöä, voi se eräissä tapauksissa tulla kysymykseen, ja silloin ovat mainitut tiedot hyödyksi. Samaten on hyödyksi tieto siitä, kuinka kaukana tyvestä pääasiallisin osa kuutiosta sijaitsee ja kuinka suuri osa lankeaa itse kannon, kuinka suuri vertikaalisten ja suuriko horisontaalisten juurten osalle (vrt. LAITAKARI 1927). — Myös raivaustyössä on eduksi etukäteen tuntea juuriston muodostus erilaisissa olosuhteissa, jotta sen mukaan voidaan kustannuksia arvioida.

Esitetyt viittaukset riittänevät osoittamaan, että eri puulajien, osittain myös pintakasvillisuuden juuristoihin kohdistuvilla tutkimuksilla on paitsi teoreettista, myös melkoinen käytännöllinen merkityksensä. Sellaisessa metsätalousmaassa kuin Suomi, on siis täysi syy jatkaa puheena olevia tutkimuksia.

ÜBER
DAS VERHÄLTNIS DER WINTERFESTIGKEIT DES ROGGENS ZUR DEHNBARKEIT UND DEHNUNGSFESTIGKEIT SEINER WURZELN

VORLÄUFIGE MITTEILUNG

VON

P. KOKKONEN

SUMMARY IN ENGLISH

On the relation between the hibernation of rye and the extensibility and the tensile strength of its roots

HELSINKI 1927

HELSINKI 1927
DRUCKEREI DER FINNISCHEN LITERATURGESELLSCHAFT

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort.

Als während der Bodenfrostforschungen des Verfassers Untersuchungen über die Einwirkung des Bodenfrostes auf die Getreide- und Holzpflanzen geplant wurden, liess sich nicht voraussehen, dass sie einen solchen Umfang annehmen würden, wie es später der Fall war. Auch beschränkten sie sich nicht allein auf den Einfluss des Bodenfrostes, sondern zogen in ihren Bereich auch verschiedene, in dem betreffenden Zusammenhang zutage getretene wichtige Umstände. Die Bearbeitung des Beobachtungmaterials musste zunächst hauptsächlich auf die Getreidepflanzen konzentriert werden, die im Vorliegenden allein behandelt werden. Die Beobachtungen über die Holzgewächse werden später veröffentlicht werden.

Für die vorliegende Untersuchung hat der Unterzeichnete von dem Zentralkomitee für die landwirtschaftliche Versuchstätigkeit (Maatalouden koetoiminnan Keskusvaliokunta) eine Unterstützung erhalten, die fast ganz für die Entlohnung der Gehilfen verausgabt worden ist. Für diese Unterstützung spreche ich dem Zentralkomitee meinen besten Dank aus. Ebenso ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. K. Linkola für den unschätzbaren Beistand zu danken, den er mir während der Ausführung meiner Arbeit geleistet hat.

Helsinki, im Oktober 1927.

Der Verfasser.

Einleitung.

Das Gedeihen des Wintergetreides, des Roggens und Weizens, ist in Finnland stark, ja fast ausschlaggebend dadurch beeinflusst, wie es überwintert. So kann man Weizen, der schlechter überwintert, mit Erfolg nur im südlichen Teil des Landes bauen. Daher ist die Winterfestigkeit bei der Veredelung dieser Getreidesorten von grosser Bedeutung. Nur die Veredelungsprodukte, deren Winterfestigkeit befriedigend ist, werden in den Handel gebracht, wogegen die schlecht überwinternden Sorten zurückgewiesen werden. Bei der Veredelungsarbeit sind die Beobachtungen betreffs der Überwinterung infolgedessen von Wichtigkeit, und sie müssen möglichst genau und sorgfältig im Verlauf von mehreren Jahren angestellt werden.

Die Winterfestigkeit ist nach den Untersuchungen von NILSSON-EHLE eine rein erbliche Eigenschaft[1]. Die Überwinterung hat man im allgemeinen durch die Beobachtung bestimmt, wie die oberirdischen Teile des Getreides sich über den Winter erhalten haben und wie sie dann während des Frühjahrs hervorspriessen, wobei man im Herbst und im Frühjahr von der Dichtheit der Saat nach einer bestimmten Skala Zahlen gibt, aus denen nachher durch Rechenoperationen die die Winterfestigkeit anzeigende Zahl gefunden wird. Auf diese Weise hat man zwar wichtige Angaben über die Winterfestigkeit erhalten, das Ergebnis kann aber durch mehrere andere Faktoren, z. B. Pflanzenkrankheiten, wie Schneeschimmel, beeinflusst worden sein; auch können die Winter stark

---

[1] NILSSON-EHLE H. Zur Kenntnis der Erblichkeitsverhältnisse der Eigenschaft Winterfestigkeit bei Weizen. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. Berlin 1912. Nebst den darin enthaltenen Literaturhinweisen.

variieren; ferner kann im Frühjahr die Bildung von Bodenfrost in den einen Jahren von anderer Art sein als sonst, wodurch eine und dieselbe Sorte im einen Jahre gut, im anderen schlecht überwintert. Dieses zwingt, wie gesagt, dazu, während mehrerer Jahre Beobachtungen über die Winterfestigkeit anzustellen, wodurch wiederum die Versuchstätigkeit verzögert wird.

Bei meinen früher ausgeführten Untersuchungen über den Bodenfrost[1] kam ich auf den Gedanken, dass die Winterfestigkeit und die Eigenschaften der Wurzeln, insbesondere ihre Dehnbarkeit, vielleicht miteinander zusammenhängen. Beim Gefrieren des Bodens nimmt sein Volumen zu, und die darin befindlichen Wurzeln werden einer grösseren oder geringeren Dehnung ausgesetzt. Es erschien mir möglich, dass bei solchen Pflanzen, die gut überwintern, auch die Dehnbarkeit der Wurzeln grösser sei als bei solchen, die schlecht überwintern.

Im Folgenden wird in Form einer vorläufigen Mitteilung über die hauptsächlichen Ergebnisse meiner bisherigen zur Aufhellung der vorliegenden Frage ausgeführten Untersuchungen berichtet.

[1] KOKKONEN, P. Tutkimuksia viemärien kuntoon vaikuttavista seikoista (Studies of Circumstances affecting the condition of drainage canals). Acta Forest. Fenn. 27. Helsinki 1924; und KOKKONEN, P. Beobachtungen über die Struktur des Bodenfrostes. Acta Forest. Fenn. 30. Helsinki 1926.

I. Die Untersuchungsmethode.

1. *Untersuchungsmaterial.* — Zum Versuchsmaterial wurden vier Roggensorten, Petkuser (deutsches Veredelungsprodukt), veredelter Vasaroggen (Veredelungsprodukt aus Svalöf), Ostola-Landsorte und Iisalmi-Landsorte, gewählt. Diese Roggensorten werden bei den folgenden Untersuchungen kurz als Petkuser, vered. Vasa, Ostolaroggen und Iisalmiroggen bezeichnet. Diese Sorten sind auf der staatlichen Versuchsanstalt in Tikkurila seit einigen Jahren angebaut und an denselben sind zugleich Beobachtungen über die Winterfestigkeit angestellt worden. Seitens der Pflanzenveredelungsabteilung der Versuchsanstalt in Tikkurila wurden. z. B. im Winter 1925—1926 die besagten Sorten in Vorversuchen nebeneinander angebaut, wobei sie in betreff ihrer Winterfestigkeit folgende Werte erhielten (nach Dr. Vilho A. Pesola)[1]:

Petkuser	7.4
Vered. Vasa	7.7
Ostolaroggen	8.8
Iisalmiroggen	9.8

In Iisalmi baute ich auf meinem Familiengute im erwähnten Winter auch 3 von diesen Roggensorten nebeneinander, wobei sie gemäss der-

[1] Der Winterfestigkeitswert wurde folgendermassen ermittelt: im Herbst wird die Dichtheit der Saat nach einer 10-gradigen Skala auf verschiedenen Vierecken geschätzt und der Mittelwert ausgerechnet. Im Frühjahr nach der Schneeschmelze schätzt man die Saat nach derselben Skala und berechnet den Mittelwert. Der so erhaltene Mittelwert wird mit 10 multipliziert und das Produkt mit dem im Herbst gefundenen Mittelwert dividiert; die Quote gibt alsdann die Winterfestigkeit an.

selben Berechnungsgrundlagen folgende Winterfestigkeitswerte erhielten (eigene Beobachtungen):

Petkuser	1.8
Vered. Vasa	4.5
Iisalmiroggen	10.0

Zwecks Anbaues der zu untersuchenden Pflanzen wurde mir im botanischen Garten der Universität Helsinki ein Platz zur Verfügung gestellt, wo die erwähnten Sorten am 20. August 1926 gesät wurden. Alle vier Sorten wuchsen im Herbst ganz ebenso gut, so dass hinsichtlich der Üppigkeit der Saat zwischen den verschiedenen Sorten kein Unterschied zu bemerken war. Der Kontrolle halber war es wichtig, dass ich ein von denselben Sorten auf der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Tikkurila erzogenes Material erhielt, das sich ebenfalls im allgemeinen ziemlich gleichmässig entwickelt hatte. Über den Standort ist zu bemerken, dass der Boden im botanischen Garten moränenartiger Mischboden und derjenige in Tikkurila reine Tonerde war. — Die Dehnungsexperimente wurden am 10. Oktober angefangen und dauerten mit unwesentlichen Pausen fort solange, als die Erde ungefroren war, d. h. bis Anfang Dezember. Die so gewonnenen Ergebnisse veranschaulichen die Dehnbarkeit der Roggenwurzeln vor dem Gefrieren des Bodens. Im Winter, während der Boden gefroren war, wurden die Dehnungsexperimente Anfang Februar begonnen und bis Ende März und teilweise bis Anfang April fortgeführt. Die hierbei erzielten Resultate zeigen, wie die Dehnbarkeit der Wurzeln sich im gefrorenen Boden erhalten hat. Ende April wurde eine neue Serie Dehnungsversuche eingeleitet, wobei die Dehnbarkeit sofort nach dem Schmelzen des Bodenfrostes untersucht wurde. Jedoch sind die hierbei gewonnenen Ergebnisse teilweise nicht ganz proportional, denn die Dehnung konnte nicht gleich nach dem Auftauen des Bodens mit sämtlichen Sorten vorgenommen werden, sondern einige von diesen Versuchen wurden bis zu einem späteren Zeitpunkt aufgeschoben, wo der Frost schon einigermassen auf die Dehnbarkeit der späteren Wurzeln eingewirkt hatte. Mitte Mai, wo die Bildung von Eisfilamenten im Frühjahr 1927 als abgeschlossen betrachtet werden muss, wurde mit einer

neuen Serie von Dehnungen begonnen, durch welche festgestellt werden sollte, wie sich die Dehnbarkeit der Wurzeln nach dem Aufhören der Wirkungen des Boden- und des Oberflächenfrostes gestaltete. Später im Sommer, und zwar Anfang Juli und Anfang August, wurden noch zwei Dehnungsserien ausgeführt, um Klarheit darüber zu gewinnen, wie sich die Dehnbarkeit gegen das Ende der Wachstumsperiode des Roggens veränderte.

Im Sommer 1926 wurde auch die Dehnbarkeit an Sommergetreide untersucht, um zu sehen, ob ein Unterschied zwischen den Dehnbarkeiten der Wurzeln des Sommer- und des Wintergetreides besteht. Zu diesem Zweck wurden am 5. Juni 1927 vergleichshalber drei Gersten- und drei Hafersorten sowie drei Roggensorten gesät. Vom Roggen kamen zur Anwendung die zwei äussersten Sorten, Petkuser und Iisalmiroggen, sowie ausserdem der ganz vor kurzem von der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt erhaltene sog. Brandackerroggen, von dem bekannt war, dass er ausgezeichnet überwinterte und Jahrzehnte hindurch nur auf Brandäckern gebaut worden war. Mit diesen wurden Anfang Juli und Anfang August Dehnungsmessungen ausgeführt.

2. *Die Messung der Dehnbarkeit und der Dehnungsfestigkeit.* — Für die Messung der Dehnbarkeit und der Dehnungsfestigkeit war es vonnöten, einen Apparat zu konstruieren. Früher sind solche Apparate meines Wissens nicht vorhanden gewesen. Beim Entwerfen des Apparates ist zu berücksichtigen, dass die Messungen mit ihm möglichst schnell ausführbar sind und dass man mit ein und demselben Apparat sowohl den Betrag der Dehnbarkeit als auch die zur Dehnung erforderliche Kraft befriedigend bestimmen kann. Die grösste Schwierigkeit bei diesem Apparat boten die Vorrichtungen zur Befestigung der Wurzeln. Die Wurzel durfte ja bei der Befestigung nicht zerreissen, denn solchenfalls wäre das Ergebnis unsicher und fehlerhaft geworden. Die Befestigung musste also derart sein, dass sie die Wurzel nicht zerriss, aber sie auch nicht oder wenigstens nicht in grösserem Umfang herausgleiten liess. Ebenso war die Durchführung der Kraftmessung schwierig, und schliesslich musste man sich mit der durch eine Stahlfeder ermöglichten Mes-

sung begnügen. Diese letztere ist ja bei Kraftmessungen, wo es sich um verhältnismässig kleine Kräfte handelt, nicht absolut genau, sie bot aber so grosse Vorteile hinsichtlich der Schnelligkeit der Messung dar, dass man von der Genauigkeit der Ergebnisse etwas nachlassen konnte, zumal die Ergebnisse zwischen den verschiedenen Sorten doch nur relative Zahlen liefern. (Der Apparat wurde von der staatlichen feinmechanischen Werkstatt in Helsinki angefertigt.) Die Figur 1 stellt den Messungsapparat dar. Man sieht da am einen Ende eine auf einer Unterlage befestigte Klemme (a), zwischen deren Backen die Wurzel einge-

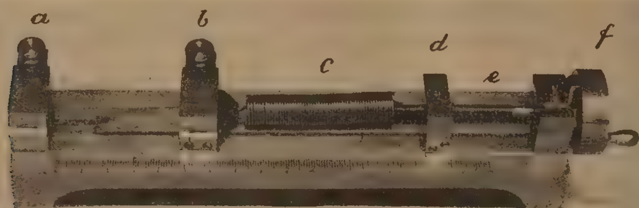


Fig. 1. Messaparat.

führt wird. Eine zweite Klemme (b), worin das Ende der Wurzel befestigt wird, ist beweglich. Sie wird vermittels einer am anderen Ende der Unterlage angebrachten Schraubenvorrichtung (e) bewegt, bei der die Ganghöhe der Schraube 1 mm beträgt. Die Schraube bewegt zuerst das Gleitstück (d), das in denselben Falzen wie die bewegliche Klemme läuft. Zwischen diesem Gleitstück und der beweglichen Klemme ist dann die Feder (c) angebracht, die die zur Dehnung erforderliche Kraft misst. Unter der Unterlage ist eine Bleiplatte von etwa 3 kg Gewicht angegossen, die eine Verschiebung des Apparates nach der einen oder der anderen Seite während der Ausführung der Dehnung verhindern soll. — An der Klemme waren anfangs beide Backen — sowohl der obere als auch der untere — mit Gummi überzogen, dabei kam man aber bei starken Wurzeln zu keinem genauen Ergebnis, weil der Gummirand die

Wurzel nicht fest genug einzuklemmen vermochte. Später wurde am unteren Backen eine Gummiunterlage, am oberen aber eine kupferne Unterlage gebraucht, die so mit Zähnen versehen waren, dass eine Verschiebung der Wurzel beim Aufeinanderpressen der Backen nicht statt-

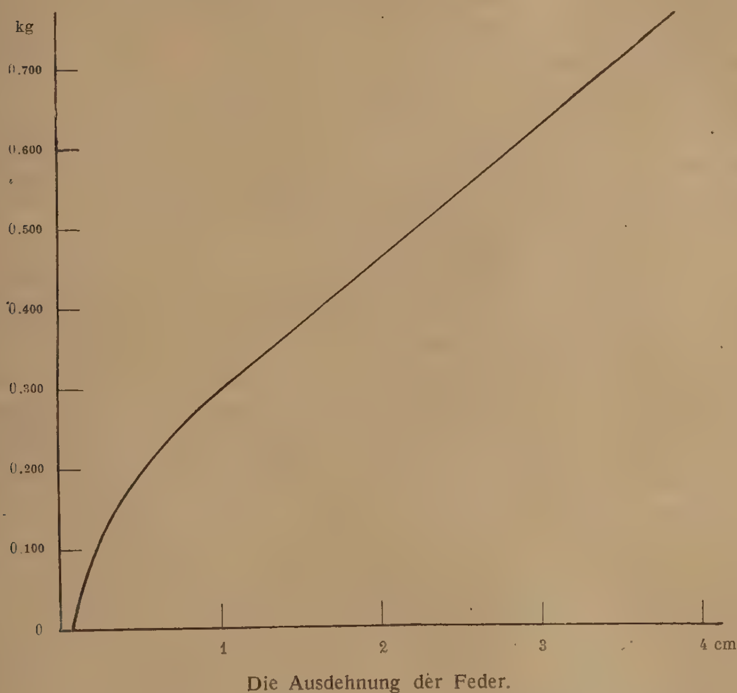


Fig. 2. Die für die Ausdehnung der Feder erforderliche Kraft in kg.

finden konnte. Solche Backen haben sich in der Praxis als sehr gut bewährt und sicherten der Länge des gedehnten Teils eine genügende Genauigkeit. — Von den Federn wurden mehrere gebraucht, obwohl beim Roggen für die ganze Zeit eine und dieselbe Feder hinreichte. — Am Rande der Unterlage befindet sich eine Zentimeterskala, von der die Lagen der Klemme und des Gleitstückes der beiden beweglichen Teile abgelesen wurden, wobei man von beiden vermittels eines Nonius Ablesun-

gen bis $^1/_{10}$ Millimeter bzw. noch genauere erhielt. Die Skala ist so angebracht, dass man von ihr die Entfernung der Klemme leicht mit einer Genauigkeit von $^1/_{10}$ mm ablesen kann.

Die Figur 2 veranschaulicht das Verhältnis der Dehnung der beim Roggen gebrauchten Feder zu der erforderlichen Kraftmenge bei den im Herbst ausgeführten Messungen. Für jede Messungsserie wurde die Feder stets justiert.

Vor der Dehnung der Wurzeln wurde eine *Messung der Wurzeldicke* vorgenommen, die unter dem Mikroskop mit Hilfe eines Mikrometerokulars ausgeführt wurde. Auf einer Strecke von 2 cm, worauf die Dehnung vor sich ging, erfolgten vier Dickenmessungen, aus denen dann der Mittelwert berechnet wurde.

Die Dehnbarkeit der Wurzeln wurde so gemessen, dass man zwischen den vorerwähnten Backen einen 2 cm langen Teil der zu dehnenden Wurzel befestigte, dessen Durchschnitt vorher gemessen war, so dass die Wurzel vom Stammende gerechnet in einer Länge von 1 cm zwischen den anderen Backen eingeklemmt wurde. Auf diese Weise wurde vom Stammende der Wurzel gerechnet ein 2 cm langer, zwischen 1 und 3 cm befindlicher Wurzelteil gedehnt. Beim Anziehen der Backen wurde die Wurzel zwischen ihnen locker gehalten, bis die Spannung genügte, worauf die Wurzel durch Auswärtsschieben der beweglichen Klemme gestreckt wurde. Danach wurde von dem an der letzterwähnten Klemme angebrachten Nonius die Entfernung der Backen voneinander genau abgelesen, worauf die Dehnung durch Umdrehen einer Kurbel (Fig. 1 g) erfolgte. Zugleich wurde die Verschiebung des beweglichen Backens verfolgt, bis die Wurzel zerriss, wobei die Stellung des Backens im Moment des Zerreissens von der Skala abgelesen und so der Betrag der Dehnung festgestellt wurde. In demselben Augenblick, wo die Wurzel zerriss, wurde die Kurbel angehalten und von dem beweglichen Gleitstück (Fig. 1 d) abgelesen, um wieviel sich dasselbe während der Dehnung verschoben hatte, wobei sich durch Subtraktion der letzten Ablesung des Backens von der ersterwähnten Ablesung die Grösse der Dehnung der Feder ergab; für diese konnte dann aus der für die Feder berechneten Tafel die entsprechende Kilogrammzahl entnommen werden.

Sonstige Wurzeluntersuchungen. Zu Beginn der Untersuchungen im Herbst 1926 glaubte man keiner Beobachtungen über den äusseren und inneren Bau der Wurzeln zu bedürfen. Doch stellten sich schon im Winter gewisse Umstände heraus, die dazu zwangen, auch diese Seite einer Untersuchung zu unterziehen. Im Winter sowie auch später wurde aus jeder Dehnungsserie Material für eine anatomische Untersuchung gesammelt. Im Herbst (1926) wurde das mikroskopische Material nicht so vollständig, wie es wünschenswert gewesen wäre, aber es wurde im Herbst 1927 ergänzt.

Im Frühjahr wurden Beobachtungen über die Überwinterung der Sprösslinge und der Wurzeln ausgeführt und aus diesen für die spätere Untersuchung das nötige Material in Spiritus gelegt.

Im Mai war die Untersuchungsmethode endgültig ausgebildet, wo auch mit umfangreichen statistischen Untersuchungen über das Äussere sowie teilweise über den inneren Bau der Wurzeln begonnen wurde, um Angaben über die Beschaffenheit der Wurzeln zu verschiedenen Zeiten der Wachstumsperiode zu erhalten.

Die Querschnitte der Wurzeln wurden mit dem Apparat der Untersuchungsanstalt für Fischerei mikrophotographiert.

II. Die Wurzelformen.

Die Wurzeln der Getreidepflanzen werden in der Literatur im allgemeinen in Keim- oder Samenwurzeln, Zwischenwurzeln und Kronenwurzeln eingeteilt, wobei zu den letzterwähnten auch die Adventivwurzeln[1] gerechnet sind. Auch ist angegeben worden, dass sich ein Teil der Adventivwurzeln bei einigen Weizensorten, dem Sommerroggen und einer Hafersorte[2] am Stammende zu steifen dicken Stützwurzeln ausbildet.

Nach den von mir ausgeführten Untersuchungen über die Beschaffenheit der Wurzeln stimmt die vorerwähnte Einteilung der Wurzeln nicht

[1] Vgl. GROTENFELT, G. Peltokasviviljelys (Ackerpflanzenbau). Porvoo 1925, S. 52, und SCHINDLER, FRANZ. Handbuch des Getreidebaus. Berlin 1923. S. 22, u. a.

[2] KRAUS, C. Die Lagerung der Getreide. Stuttgart 1908, S. 135.

mit den tatsächlichen Verhältnissen überein. Bei der Einteilung der Wurzeln sind meines Erachtens die Entstehungszeit und die Entstehungsstelle, der äussere und innere Bau sowie der Zweck der Wurzel in Betracht zu ziehen. Die zu verschiedenen Zeiten der Wachstumsperiode entstandenen Wurzeln haben je eine verschiedene Entstehungsstelle, so dass sich die ältesten Wurzeln immer weiter unten und die jüngsten am weitesten oben befinden. Auf das Äussere der Wurzeln wirken in hohem Grade die zu verschiedenen Zeiten der Wachstumsperiode herrschenden Verhältnisse ein, die sehr verschiedenartig sind, wie beim Wintergetreide die Winter- und Sommerperiode. Der innere Bau ist auch, hauptsächlich je nach den Bedürfnissen der Pflanze, wechselnd. Nach den von mir ausgeführten Untersuchungen kann man unter Berücksichtigung der vorerwähnten Umstände die Wurzeln des Roggens (sowie auch anderer Getreidesorten) in vier Gruppen einteilen [1]:

1) Keim- oder Samenwurzeln;
2) Nährwurzeln;
3) Nähr-Stützwurzeln;
4) Stützwurzeln.

Die Keimwurzeln entstehen beim Keimen des Samens. Sie sind weich, biegsam, sehr dünn (0.14—0.30 mm) und bei vollständiger Ausbildung verhältnismässig verzweigt. Gewöhnlich sind sie am Stammende dünner als tiefer unten. Ihre Entstehungsstelle ist das untere Ende des Hypokotyls. Ihre Zahl wechselt beim Roggen zwischen 4 und 6.

Aus dem Querschnitt (Tafel I, Fig. 1) einer Keimwurzel ist ersichtlich, dass im Zentralzylinder nur ein grosses Gefäss vorhanden ist, und dass sich um dasselbe die Hadrom- und Leptomteile strahlenförmig gelagert haben, obwohl sie in der Abbildung nicht auseinandergehalten werden.

Die Nährwurzeln bilden sich einige Zeit nach dem Keimen und im Frühjahr solange, als der Halm noch nicht besonders lang ist. Sie sind weiche, schlaffe, biegsame, gleichmässig starke, ziemlich dicke (0.3—0.9 mm) Wurzeln, die viel Wurzelzweige haben und die lang (40—60 cm)

[1] Vgl. Rimbach, A. Beiträge zur Physiologie der Wurzeln. Berichte der deutschen bot. Gesellschaft, Bd. XVII. Berlin 1899.

sind. Ihre Entstehungsstelle an den Wurzeln liegt weiter oben als die der Keimwurzeln. In einem Querschnitt der Nährwurzeln (Tafel I, Fig. 2) ist die Zahl der grossen Gefässe in der Regel grösser als 3, von denen jedes gemeinsam zu zwei Gefässteilen zu gehören scheint. Die spezielle Aufgabe dieser Wurzeln ist die Beförderung von Nährstoffen für das Wachstum und die Entwicklung der Pflanze. Die Zahl der Nährwurzeln ist sehr wechselnd (10—50).

Die Nähr-Stützwurzeln (Tafel I, Fig. 3) entstehen im Frühjahr, und zwar wenn der Halm mehr an Länge zuzunehmen anfängt (im Frühjahr 1927 gegen Ende Mai und Anfang Juni). Sie bilden sich weiter oben als die vorigen, und zwar an den unteren Gelenken des Halmes. Am Stammende sind diese dick, mit Wurzelhaaren dicht bedeckt, doch werden sie bald dünner; nach der Spitze zu sind sie verzweigt und verhältnismässig lang. Der Stammendteil ist 0.5—2 cm weit steif, hart, während der untere Teil weich, biegsam ist. Der Querschnitt des steifen Wurzelteiles (Tafel I, Fig. 3) weicht von dem Querschnitt der Nährwurzeln nur darin ab, dass die äusseren (peripheren) Teile der Wurzelrinde sich aus den dickwändigen Zellen gebildet haben, von denen die Steifheit und Härte herrühren. Der Querschnitt des weichen Teiles der Wurzeln ist ganz ähnlich wie bei den Nährwurzeln. Der Zweck der Wurzeln ist sowohl die Beförderung von Nahrung als auch die Stützung des Halmes.

Die Stützwurzeln sind kurz, steif, dick. Sie beginnen sich kurz vor der Ährenbildung zu entwickeln, und diese Entwicklung dauert bis zum Reifen des Getreides fort. Sie sind im Wurzelsystem am weitesten nach oben lokalisiert, ja ein grosser Teil kann sich an den oberirdischen Halmgelenken befinden, jedoch nicht mehr als 3—4 cm über dem Erdboden. Sie wachsen gekrümmt nach dem Boden zu und sind sehr dick (1—2.2 mm) und steif. Die Länge des steifen Teils variiert von 3—6 cm, unterhalb desselben wird die Wurzel sehr schnell dünner und erhält besonders in den im Bodeninnern gebildeten Stützwurzeln einen Bau von der Art der Nährwurzeln, aber bei weitem nicht dieselbe Länge wie diese. Auch kann ihre Farbe wechseln, über dem Erdboden findet man grüne, hellgrüne oder gelbe und unter dem Erdboden weisse. Der innere Bau der Wurzeln (Tafel I, Fig. 4) ist desgleichen von den vorigen ganz

verschieden. Der Zentralzylinder ist nicht so kräftig gebaut, auch sind darin die grossen Gefässe im Verhältnis zu dem Flächeninhalt des Querschnitts nicht so zahlreich wie bei den Nährwurzeln. Der Zentralzylinder ist verhältnismässig schwach geworden. Dagegen hat sich aber der äussere Teil der Rinde seinerseits durchgehends aus starkwändigen Zellen gebildet, worauf die charakteristische Festigkeit und Steifheit der Wurzel zurückzuführen ist. Die Wurzeln sind im allgemeinen sehr kurz, ein Teil von ihnen erreicht überhaupt nicht den Boden. Diejenigen, die sich bis zum Boden erstrecken, können sich im Bodeninnern an dem weichen Wurzelteil verzweigen. Diese Wurzeln dienen dazu, den Halm zu stützen. Ihre Zahl wechselt sehr stark (10—60).

III. Die Entwicklungsperioden der Wurzeln.

Bei Betrachtung des Wurzelsystems des Roggens zu verschiedenen Zeiten der Wachstumsperiode bemerkt man darin der Wachstumsperiode gemäss deutlich grosse Verschiedenheiten. Wenn man mit Ausserachtlassung der ganz geringen Veränderungen und Variationen nur die wichtigsten und während eines längeren Zeitraums beständigen Eigenschaften berücksichtigt, können in der Entwicklung der Wurzeln vier verschiedene Stadien wahrgenommen werden:

1. Herbstperiode,
2. Winterperiode,
3. Frühlingsperiode und
4. Sommerperiode.

In der Herbstperiode zielt die Entwicklung darauf ab, die Pflanze möglichst standhaft gegen die Einwirkung des Winters zu machen.

Während der Winterperiode ist die Lebenstätigkeit der Wurzeln wegen deren Gefrieren unterbrochen, so dass in ihnen keine organischen Veränderungen stattfinden. Dadurch dass das im Boden und in der Wurzel enthaltene Wasser gefriert, können in der Wurzel mechanische Kräfte in Tätigkeit treten, die die Form und den Bau derselben merkbar beeinflussen.

Die Frühlingsperiode kennzeichnet sich durch eine intensive Wachstumstätigkeit. Dann wachsen die Wurzeln besonders schnell. Man hat beobachtet, dass die Wurzel binnen 24 Stunden 3 bis 4 cm und sogar mehr wachsen kann. Die abgebrochenen Wurzeln fangen an, neue Nebenzweige zu entwickeln. Im Laufe der Frühlingsperiode erneuert sich das Wurzelsystem, so dass es eine andere Beschaffenheit zeigt als im Herbst.

Während der Sommerperiode wachsen besonders die Stützwurzeln, die die Aufgabe haben, den Halm zu stützen. Sonst findet in den Wurzeln kein besonders schneller Längenzuwachs mehr statt.

Die vorgenannten Perioden unterscheiden sich voneinander durch schroffere oder allmählichere Veränderungen. Zwischen der Herbstperiode und der Winterperiode tritt die Veränderung gewöhnlich ausserordentlich schroff ein. Der Boden kann plötzlich gefrieren, wobei auch die Wurzeln gefrieren und die Lebenstätigkeit der Pflanze aufhört. Der Wechsel zwischen der Winterperiode und der Frühlingsperiode ist ziemlich langsam, so dass die Zwischenzeit oft verhältnismässig lang ist, was viele schädliche Veränderungen am Wurzelsystem verursacht. Insbesondere ist die schädliche Einwirkung der von den Nachtfrösten hervorgerufenen Eisfilamente bemerkenswert. Zwischen der Frühlingsperiode und der Sommerperiode besteht kein besonders jäher Unterschied, sondern die Veränderung geschieht allmählich. Den Anfang der Sommerperiode kann man von dem Zeitpunkt kurz vor dem Blühen des Roggens rechnen.

Die Wurzeln der Herbstperiode. — Die Wurzeln der Herbstperiode sind weich, biegsam, hell oder etwas gelblich. Von ihnen sind 4 bis 6 Keimwurzeln und die übrigen Nährwurzeln.

Ausschliesslich auf Grund des Äussern können die Wurzeln der Herbstperiode in vier Klassen eingeteilt werden:

1. Ganz junge, wachsende, weisse Wurzeln, die nur an dem basalen Teil Wurzelhaare haben, während der übrige Teil kahl ist. Die Wurzel ist am Stammende dick (0.5—0.9 mm), wird aber sehr rasch dünner. Die Länge ist sehr wechselnd (0.5—10 cm). Alles dies sind junge Nährwurzeln.

2. Zu dieser Klasse gehören die Wurzeln, die biegsam, etwas gelber als die vorigen, am oberen Teil ziemlich stark verzweigt und behaart

sowie ebenda dicker sind und nach der Spitze hin dünner werden. Diese sind älter als die Wurzeln der ersten Klasse, aus welchem Grunde sie auch viel länger sind (6—20 cm). Der Form nach sind sie Nährwurzeln.

3. Die Wurzeln sind dünn (0.3—0.4 mm), ziemlich gleichmässig stark, hellgelb, biegsam; die Verzweigung ist verhältnismässig reichlich. Die Länge der Wurzeln kann über 30 cm betragen. Diese Wurzeln sind älter als diejenigen der vorangehenden Klasse. Die Wurzeln dieser Klasse sind die ältesten Nährwurzeln.

4. Die Wurzeln sind dünn (0.15—0.3 mm), hellgelblich, biegsam, sehr verzweigt; die Länge ist 10—20 cm. Zu dieser Klasse gehören nur die Keimwurzeln, 4—6 St.

Die Zahl der Wurzeln ist in den verschiedenen Klassen wechselnd. In bezug auf die verschiedenen Roggensorten war bei diesen Beobachtungen kein besonderer Unterschied zu bemerken.

Die Wurzeln der Winterperiode. — Die Wurzeln dieser Periode haben im allgemeinen dieselben äusseren Eigenschaften wie die der Herbstperiode, doch ist ihre Farbe etwas gelber, so dass sie auf dieselbe Weise wie in der Herbstperiode klassifiziert werden können. Es erübrigt sich, die Klassifizierung hier zu wiederholen, und es seien nur kurz die durch den Winter hervorgerufenen Veränderungen beschrieben. Im inneren Bau haben denn auch infolge des Frostes grosse Veränderungen stattgefunden. Die Rindenschicht beinahe jeder Wurzel hat sich vom Mittelteil losgelöst. Diese Ablösung ist bei den älteren Nährwurzeln (Tafel II, Fig. 4) im Gegensatz zu den jüngeren (Tafel II, Fig. 2 u. 3) ganz vollständig, was darauf zurückzuführen sein dürfte, dass die Membranen der jungen Zellen dehnbarer als die der älteren Zellen sind. Bei den älteren Nährwurzeln der Herbstperiode ist denn auch der äussere Teil der Rinde im Winter ganz losgelöst, nur 1—2 der innersten Zellenreihen der Rinde haften am Zentralzylinder fest. Bei jüngeren Nährwurzeln ist der Rindenteil im Winter nicht so deutlich vom Zentrum getrennt (vgl. Tafel II, Fig. 2—3). Die Keimwurzeln (Tafel II, Fig. 1) scheinen die Einwirkung des Frostes am besten zu vertragen, denn bei ihnen war der Rindenteil nur an wenigen Wurzeln vom Zentrum losgelöst.

Die Entstehung des Bodenfrostes verursacht eine Zunahme des Erd-

volumens, und das hat zur Folge, dass die Wurzeln einer grösseren oder geringeren Dehnung ausgesetzt werden, die öfters zum Abbrechen des Rindenteils oder auch der ganzen Wurzel führt.

Die Wurzeln der Frühlingsperiode. — Das Wurzelsystem der Frühlingsperiode ist von Keim- und Nährwurzeln gebildet, die weich und biegsam sind. Gegen das Ende der Frühlingsperiode kommen Nähr-Stützwurzeln und ganz am Ende junge Anfänge von Stützwurzeln zum Vorschein. Die im Herbst gebildeten Keim- und Nährwurzeln sind im Frühjahr gelb, bisweilen dunkelgelb. Sämtliche im Frühjahr gewachsenen Wurzeln oder Wurzelteile sind hell.

Im Frühjahr sind die Entwicklungsverhältnisse ausserordentlich verschieden. Im Anfang der Periode kann die Entwicklung infolge von Temperaturschwankungen langsam und ausserordentlich schnell vor sich gehen. Ausserdem können noch Nachtfröste eintreten, die zum Gefrieren der Bodenoberfläche führen, wobei in den Wurzeln namentlich Risse entstehen können, denn der grösste Teil der abgerissenen Wurzeln, die im Mai angetroffen wurden, sind den von den Frösten verursachten Eisfilamenten zuzuschreiben.

Die Wurzeln dieser Periode können dem Aussehen nach wie vorher in sechs Gruppen eingeteilt werden:

1. Hierher gehören alle jüngsten Wurzeln. Sie sind im allgemeinen am Stammende stark behaart und weiss. Sie wachsen ausserordentlich schnell, in 24 Stunden etwa 3—4 cm. Aus dieser Schnelligkeit folgt, dass ihr Spitzenteil in der Regel sehr weit kahl ist, worauf weithin eine dichte Haarbekleidung folgt. Die Länge wechselt von einigen Millimetern bis zu 15 cm. Die Wurzeln dieser Gruppe sind Nährwurzeln, nur gegen das Ende der Wachstumsperiode können hierzu Nähr-Stützwurzeln und Stützwurzeln gehören. Der Querschnitt der Nährwurzeln ist unversehrt, wobei der Rindenteil verhältnismässig stark ist (Tafel II, Fig. 1).

2. Ihrem Äussern nach sind diese ziemlich ähnlich wie in der vorherigen Klasse, der obere Teil der Wurzel ist aber verzweigt und ausserdem noch gelb, während der Spitzenteil weiss und kahl oder mit Haaren bedeckt ist. Diese Wurzeln sind etwas länger als die der vorigen Gruppe. Die Wurzeln sind hauptsächlich Nährwurzeln.

3. Diese Klasse unterscheidet sich im Äussern von der vorhergehenden darin, dass am Stammendteile etwas von der alten Wurzel vorhanden ist, die sehr reichlich verzweigt ist. Die Wurzel kann während des Winters sogar abgebrochen sein. Die Farbe ist am alten Teile gelb, und die neuen Teile sind weiss. Die Wurzeln sind am Stammende stark, sie werden aber sehr plötzlich dünner, wonach sie gleichmässig stark sind. Die Wurzeln sind im allgemeinen Nährwurzeln, deren Rindenteil oft ganz abgelöst ist (Tafel III, Fig. 2).

4. Zu dieser Klasse gehören hauptsächlich im Herbst gebildete Wurzeln, die gleichmässig stark, äusserst reichlich verzweigt und gelb sind und deren Rindenteil sich vollständig losgelöst hat (Tafel III, Fig. 3–4). Die Wurzel kann infolge des Bodenfrostes abgebrochen sein oder es ist nur der Rindenteil abgebrochen. In der Regel sind die zu dieser Klasse gehörenden Wurzeln dünne Nähr- oder Keimwurzeln.

5. Zu dieser Klasse gehören in der Hauptsache ähnliche Wurzeln wie zur vorigen, nur ist die Verzweigung der Wurzeln nicht so reich. Die Wurzeln sind entweder Keim- oder Nährwurzeln.

6. Hierher werden alle die Wurzeln gerechnet, bei denen keine Neubildungen oder eigentlich kein Leben beobachtet worden ist. Von Farbe sind sie sehr dunkelgelb, gleichmässig stark und ziemlich steif. Die Wurzeln sind meistens dünn. Im allgemeinen gehören zu dieser Klasse in der Frühlingsperiode Keimwurzeln.

Über die Einteilung der Wurzeln in die vorstehenden Klassen sei erwähnt, dass die Wurzeln der 1. Klasse etwa die Hälfte von der ganzen Zahl der Wurzeln ausmachen, die anderen Wurzeln kommen viel weniger häufig vor. Die Wurzeln der 3. und 4. Klasse finden sich ziemlich reichlich, ebenso auch die der 5. Klasse. Was die bei verschiedenen Roggensorten angetroffenen, zu verschiedenen Klassen gehörenden Wurzeln betrifft, wird ersichtlich, dass die Landsorten stets mehr Wurzeln der 3., 4. und 5. Klasse haben, während Petkuser und vered. Vasa Wurzeln der 6. Klasse viel reichlicher als die vorerwähnten Landsorten besitzen.

Im Hinblick auf die Einwirkung des Winters bei den verschiedenen Sorten war zu bemerken, dass abgebrochene Wurzeln am meisten bei Petkuser, danach bei vered. Vasa vorkamen. Bei dem Ostolaroggen und

dem Iisalmiroggen waren sie verhältnismässig wenig häufig. Sonst war die Einwirkung des Winters auf den inneren Bau der Wurzeln bei sämtlichen Sorten ziemlich gleich.[1]

Die Wurzeln der Sommerperiode. — Die Sommerperiode kann man von der Zeit rechnen, wo der Roggen Ähren ansetzt, bis zu der Zeit, wo er reif ist. Das Wurzelsystem der Sommerperiode ist seiner Beschaffenheit nach sehr wechselnd. Zu Beginn der Periode findet man junge Stützwurzeln, gut entwickelte Nähr-Stützwurzeln, eine grosse Menge Nährwurzeln und dünne lebende und tote Keimwurzeln. Gegen das Ende der Sommerperiode eine reiche Menge von dicken, harten und steifen Stützwurzeln, besonders reichlich Nähr-Stützwurzeln, verhältnismässig reichlich Nährwurzeln, die schon elastisch und einigermassen steif geworden sind, sowie Keimwurzeln, die zum grössten Teil vertrocknet und abgestorben sind.

Während der Sommerperiode setzt der Bau des Roggens schon eine andere Befestigung im Boden als während der vorigen Perioden voraus, wo eigentlich noch kein Halm vorhanden oder dieser noch verhältnismässig kurz war. Dagegen ist der Roggenhalm im Laufe der Sommerperiode ausgewachsen und lang geworden, so dass er beim Biegen im Wurzelsystem Kräfte hervorruft, zu deren Überwindung ganz andere Wurzeln als früher, nämlich Stützwurzeln entwickelt werden müssen.

Im Äussern der Wurzeln findet man in dieser Periode grössere Verschiedenheiten als während der vorherigen. Man könnte zwei Gruppen unterscheiden, von denen die eine die steifen, harten Wurzeln und die andere die biegsamen, weichen Wurzeln umfassen würde. Da aber unter den ersteren sowie auch unter den letzteren mehrere Gruppen unterschieden werden können, hat man keine Veranlassung, die Wurzeln zuerst

[1] In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass sich der Rindenparenchym bei den Weizenwurzeln im allgemeinen noch vollständiger als beim Roggen vom Zentrum ablöst (Tafel V). Im Frühjahr, wenn der Schnee schon geschmolzen, der Boden aber noch gefroren ist, sitzen die Weizenschösslinge eben infolge der Ablösung des Rindenteils sehr locker. Man kann sie ganz leicht aus dem Boden ausrupfen, wobei der Rindenteil der Wurzeln im Boden zurückbleibt und dem Schössling nur die Zentralzylinder der Wurzeln und um dieselben einige Zellenreihen von der Rinde folgen.

in zwei Klassen und dann in Untergruppen einzuteilen, sondern die Wurzeln werden bereits dem Äussern nach unmittelbar in ihre endgültigen Klassen eingeteilt. Obwohl auch dabei in Anbetracht der Beschaffenheit der Wurzeln viel grössere Unterschiede zwischen den verschiedenen Wurzeln bestehen, kann man doch mit denselben 6 Wurzelklassen wie vorher auskommen.

1. Zu dieser Gruppe gehören die kurzen und am Stammende kräftigen, steifen Stützwurzeln (Tafel IV, Fig. 1), die oft, besonders gegen das Ende der Sommerperiode, oben an den niederen Gelenken des Halms entstanden sind, so dass sie nicht gleich den Boden erreichen. Ein Teil von diesen Wurzeln verzweigt sich während des letzten Teils der Sommerperiode, im allgemeinen sind die Wurzeln aber kurz, 2–7 cm, höchstens 12–16 cm lang. Von Farbe sind die an der Luft befindlichen Teile grün oder hellgelb je nach der Dichtheit des Roggens, die für die Lichtzufuhr zu dem Stammteil der Halme von Einfluss ist.

2. Zur Klasse 2 gehören auch am Stammende steife Stützwurzeln (Tafel IV, Fig. 2). Sie sind länger und weiss, denn sie wachsen ihrer ganzen Länge nach unterirdisch. Die Länge des steifen Teils variiert von 1–4 cm, und auch dieser Teil ist stark behaart. Die Wurzeln sind am oberen Ende sehr stark (2 mm) und werden in der Richtung nach der Spitze allmählich dünner. Ihrer Funktion nach stimmen sie mit den vorigen überein, d. h. sie sind Stützwurzeln. Doch kann man aus der Länge der Wurzeln und ihrer reichen Verzweigung schliessen, dass sie auch einigermassen mit der Nahrungsaufnahme beauftragt sind.

3. Zu dieser Klasse gehören am Stammende dicke und steife Wurzeln, obschon ihr steifer Teil kurz, höchstens 1 bis 2 cm ist. Dieser Teil ist auch stark behaart. Weiter unten ist die Wurzel dünn, gleichmässig stark und verhältnismässig verzweigt. Die Farbe ist meistens gelb. Die Wurzeln sind Nähr-Stützwurzeln (Tafel IV, Fig. 3–5), so dass ihnen sowohl die Nahrungszufuhr als die Stützung des Halms obliegt.

4. Die Wurzeln dieser Gruppe sind gleichmässig stark, verhältnismässig dünn, sehr reichlich verzweigt. Von Farbe gelb oder dunkelgelb und gegen das Ende der Periode starr-elastisch. Zu der Gruppe gehören im Herbst gebildete Nährwurzeln (Tafel IV, Fig. 6, 12), deren Rinden-

teil allgemein abgetragen ist, und im Frühjahr gebildete Nährwurzeln, die gegen das Ende der Periode mehr oder weniger runzelig werden, was besonders von der Schrumpfung der Zellen des Rindenparenchyms herrühren dürfte (vgl. Tafel IV, Fig. 8).

5. Die Wurzeln der Klasse sind gleichmässig stark, relativ dünn und dunkelgelb. Die Verzweigung ist verhältnismässig gering, hier und da eine Seitenwurzel. In der ersten Zeit der Periode sind die zu dieser Gruppe gehörenden Wurzeln weich, gegen das Ende der Periode aber schon verhältnismässig steif, elastisch, jedoch nicht hart. Die Wurzeln dieser Klasse gehören hauptsächlich zu denselben Formengruppen wie die der vorhergehenden, ausserdem kann man auch einige Keimwurzeln antreffen (Tafel IV, Fig. 13—14).

6. Alle die Wurzeln, bei denen keine Lebenstätigkeit zu beobachten war, sind zu dieser Klasse gerechnet worden. Sie sind im allgemeinen dunkelgelb, bisweilen ganz schwarzgelb, in der Hauptsache unverzweigt und im allgemeinen dünner als die der vorerwähnten Klassen.

Die Wurzeln können entweder Nähr- oder Keimwurzeln sein.

Über die Einteilung der Wurzeln in die verschiedenen Klassen sei erwähnt, dass zur 1. Klasse der grösste Teil der Wurzeln gehört, und zwar etwa die Hälfte sämtlicher Wurzeln. Die Wurzeln der zweiten Klasse sind auch verhältnismässig zahlreich, die Wurzeln der 3., 4. und 5. Klasse kommen weniger häufig vor.

IV. Die Überwinterung der verschiedenen Roggensorten.

Beobachtungen betreffs der Überwinterung der Sprosse und der Wurzeln. — Im Zusammenhang mit den Dehnungsuntersuchungen wurden Beobachtungen darüber angestellt, wie die Sprosse überwintern und auch wie die einzelnen Wurzeln sich über den Winter erhalten. Diese Beobachtungen sind jedoch nicht ganz einheitlich, was darauf beruht, dass anfangs nicht mit der Notwendigkeit solcher Beobachtungen gerechnet wurde und daher die zuerst angestellten Beobachtungen nicht so vollständig als später waren. Trotz dieser Mängel einiger Beobachtungen

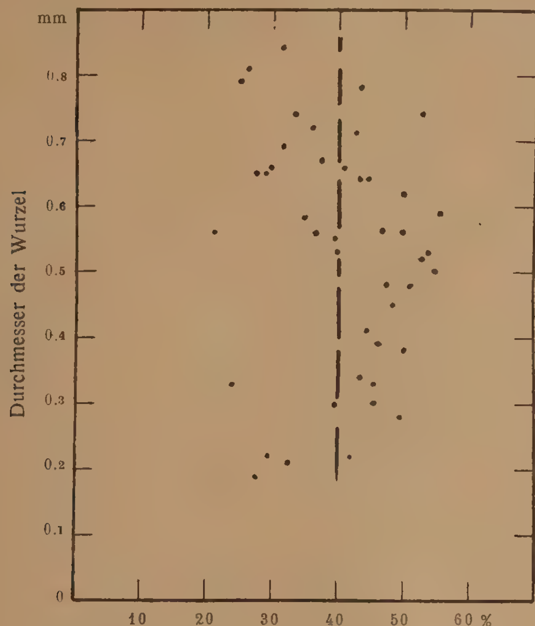
geben diese doch ein wahrscheinliches Bild von der Überwinterung der verschiedenen Sorten.

Die Überwinterung der Sprosse wurde im Frühjahr sofort nach dem Schmelzen des Bodenfrostes, wo keine schädlichen Nachtfröste mehr vorkamen, untersucht. Aus der Saatreihe wurden alle auf einer bestimmten Strecke wachsenden Roggenindividuen herausgenommen, die danach von Erde rein gespült und in bezug darauf untersucht wurden, wie viel lebendige und wie viel abgestorbene Sprosse sich an jedem Individuum vorfanden. Dazu wurde die Überwinterung sämtlicher Blätter des Individuums in der Weise beobachtet, dass den ganz unbeschädigten Blättern, d. h. solchen, die eine sehr gesunde, blaugrüne Farbe hatten, der Wert 5 gegeben wurde, und solche, deren Blätter irgendwie, jedoch nicht durch Pflanzenkrankheiten beschädigt waren, einen kleineren Wert je nachdem erhielten, in wie hohem Grade Beschädigungen vorhanden waren. Dabei bekam man für den Petkuser den niedrigsten Überwinterungswert 3.8, für den vered. Vasa 3.9, für Ostolaroggen 4.5 und für Iisalmiroggen 4.8.

Die Musterung der Sprosse gab zu erkennen, dass die Sprosse beim Petkuser am empfindlichsten sind, worauf vered. Vasa, Ostolaroggen und der am besten überwinterte Iisalmiroggen folgen, so dass die Reihenfolge dieselbe ist wie bei den früheren Beobachtungen betreffs der Überwinterung.

Die Überwinterung der Wurzeln. In der früher mitgeteilten Klassifizierung der Wurzeln der Frühlingsperiode zerfielen die im Herbst entwickelten Wurzeln in die drei zuletzterwähnten Wurzelklassen. Bei Betrachtung der Einteilung der Wurzeln verschiedener Roggensorten in die erwähnten Klassen stellt es sich heraus, dass der Iisalmiroggen am meisten den Winter überlebende Wurzeln besitzt, darauf folgen Ostolaroggen, vered. Vasa und Petkuser. Abgestorbene Wurzeln die auf den Frost zurückzuführen sind, gibt es am meisten bei dem Petkuser und dann bei dem vered. Vasa, danach folgt der Ostolaroggen und zuletzt der Iisalmiroggen. Abgebrochene Wurzeln kommen am meisten bei dem Petkuser vor, sodann bei dem vered. Vasa, dem Ostolaroggen und schliesslich bei dem Iisalmiroggen. Folglich hat der Iisalmiroggen auch hier eine bessere Winterfestigkeit als die übrigen Sorten an den Tag

gelegt. Ihm am nächsten kommt der Ostolaroggen, dann der vered. Vasa und zum Schluss der Petkuser, alle in derselben Ordnung wie bei den früher angestellten Überwinterungsbeobachtungen.



Die Dehnbarkeit im Verhältnis zur ursprünglichen Länge.

Fig. 3. Dehnung der Wurzeln des Petkuser im Herbst (im botanischen Garten erzogenes Material = Y.).

V. Die Dehnbarkeit der Wurzeln.

Als mit der Ausführung der Untersuchung begonnen wurde, gestalteten sich die Beobachtungen am Anfang der Untersuchung — wie es sich überhaupt mit neuen Untersuchungen verhält — nicht so gründlich wie die späteren, weil die Art der Arbeit und vor allem die Klassifizierung der Wurzeln nicht eingehend genug festgelegt werden konnte. Im Herbst 1926, wo die Dehnungsuntersuchungen begonnen wurden, bestanden zwi-

schen den verschiedenen Wurzeln keine so grossen Unterschiede, dass man sofort die Notwendigkeit einer Klassifizierung hätte in Betracht ziehen können, sondern alle Wurzeln wurden zusammen behandelt. Infolge-

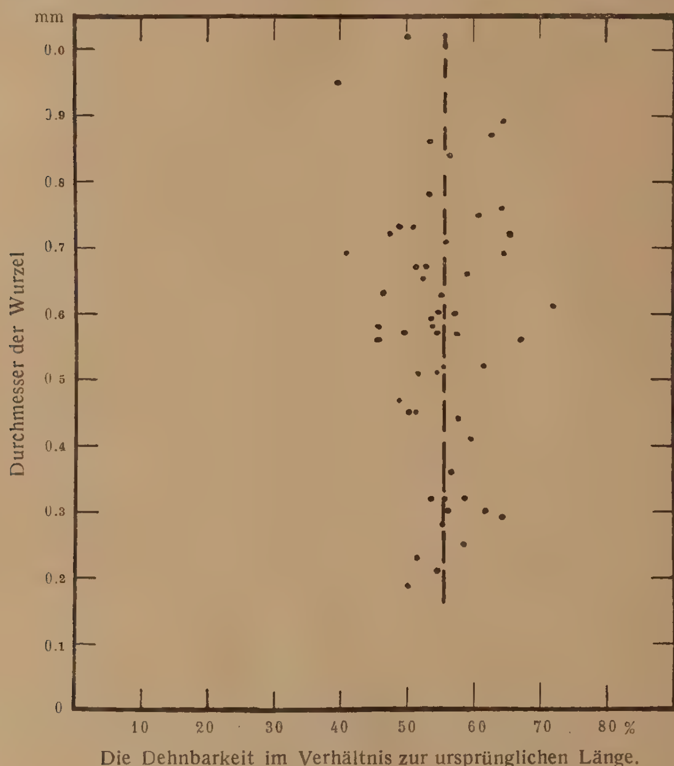


Fig. 4. Dehnung der Wurzeln des Iisalmiroggens im Herbst (Y.).

dessen fehlt die Klassifizierung für die Messungen im Herbst wie für die im Winter.

Die Dehnbarkeit während der Herbstperiode. — Die Dehnungsuntersuchungen wurden ungefähr am 15. Oktober angefangen und dauerten fort, solange die Erde ungefroren war, d. h. bis zu den ersten Tagen des Dezember. Zunächst fanden die Messungen mit dem im botanischen Gar-

ten erzogenen und darauf mit dem in der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt zu Tikkurila angebauten Material statt. Von jeder Sorte wurden durchschnittlich 60 bis 100 St. Wurzeln verschiedener Individuen gedehnt.

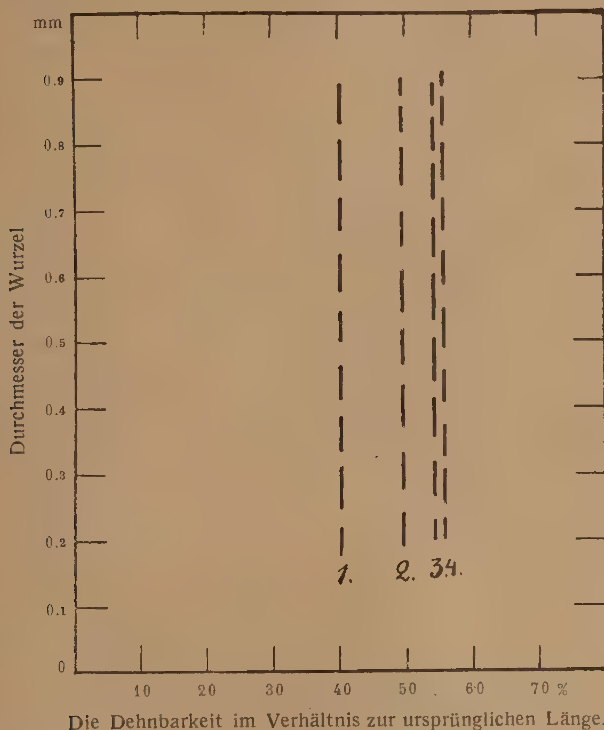


Fig. 5. Durchschnittl. Dehnung der verschied. Roggensorten im Herbst (Y.). 1. Petkuser, 2. Vered. Vasa, 3. Ostolaroggen, 4. Iisalmiroggen.

Die Ergebnisse sind aus den folgenden Diagrammen ersichtlich. Hier sind nur die Messungsresultate der zwei äussersten Sorten, der des Petkuser und der des Iisalmiroggens, aufgenommen. Wie aus Figur 3 hervorgeht, ist die Dehnbarkeit im Durchschnitt bei dem Petkuser 40 % von der ursprünglichen Länge der Wurzel sowie beim Iisalmiroggen, für den die Dehnungsresultate in Figur 4 wiedergegeben sind, 56 % von der

ursprünglichen Wurzellänge. Wenn man die durchschnittlichen Dehnbarkeitskurven aller vier Sorten in einem Diagramm zusammenstellt, ergibt sich das Diagramm 5, woraus zu ersehen ist, dass sich die erwähnten Roggensorten im Verhältnis zueinander so ordnen, dass der Vasaroggen und der Ostolaroggen zwischen die ersteren kommen, aber so,

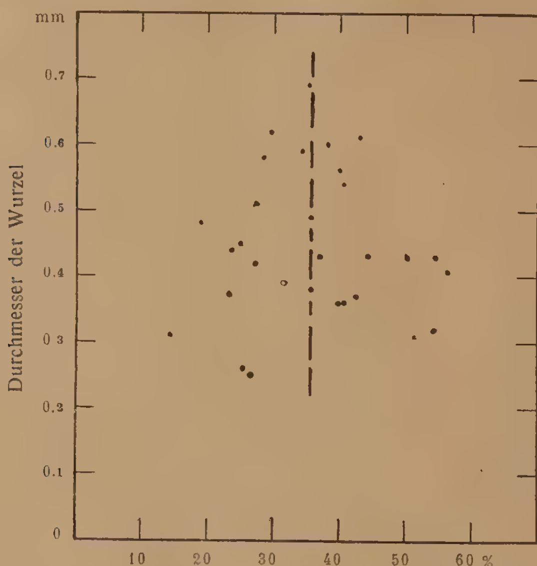


Fig. 6. Dehnung der Wurzeln des Petkuser im Herbst (in Tikkurila erzogenes Material = T.).

dass sich der Ostolaroggen dicht neben den Iisalmiroggen stellt. Die Figuren 6—8 geben die Resultate wieder, die aus dem Material von Tikkurila gewonnen worden sind. Wie man sieht, stimmen die Ergebnisse durchaus mit den Resultaten für das Material aus dem botanischen Garten überein. Es ergibt sich also, dass jede Roggensorte wahrscheinlich ihre eigene, für die betreffende Sorte kennzeichnende Dehnbarkeit der Wurzeln besitzt und dass die Dehnbarkeiten der Wurzeln der verschiedenen

Roggensorten im Herbst erheblich voneinander abweichen.

Ausserdem wurde noch untersucht, wie die Dehnbarkeit an verschiedenen Stellen einer und derselben Wurzel variiert. Bei diesen Unter-

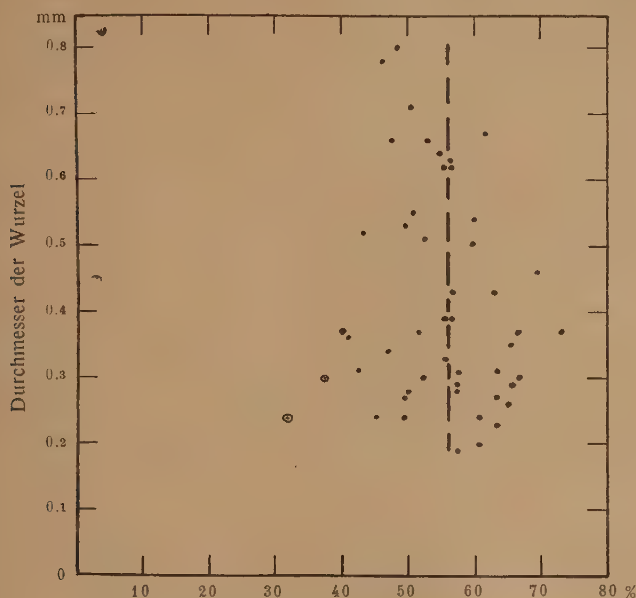


Fig. 7. Dehnung der Wurzeln des Iisalmiroggens im Herbst (T.).

suchungen ergab sich, dass die Dehnbarkeit verhältnismässig in der Richtung nach der Spitze abnimmt und an der Spitze der Wurzel sehr gering ist.

Die Dehnbarkeit während der Winterperiode. — Im Winter wurden die Dehnungsmessungen im Februar in Angriff genommen und bis zum 10. April fortgesetzt. Dabei wurden auf dieselbe Weise wie im Herbst zwei Serien gemessen, von denen die eine dem im botanischen Garten erzogenen Material und die andere dem in Tikkurila angebauten Mate-

rial entnommen war. Die erhaltenen Resultate werden hier wie vorher graphisch dargestellt. Figur 9 zeigt die mit dem Petkuser (im botanischen Garten angebaut) erzielten Ergebnisse. Daraus ist ersichtlich, dass die Dehnbarkeit beträchtlich geringer ist als im Herbst und dass die einzelnen Fälle sich mehr als im Herbst zersplittern. Dieses dürfte auf die

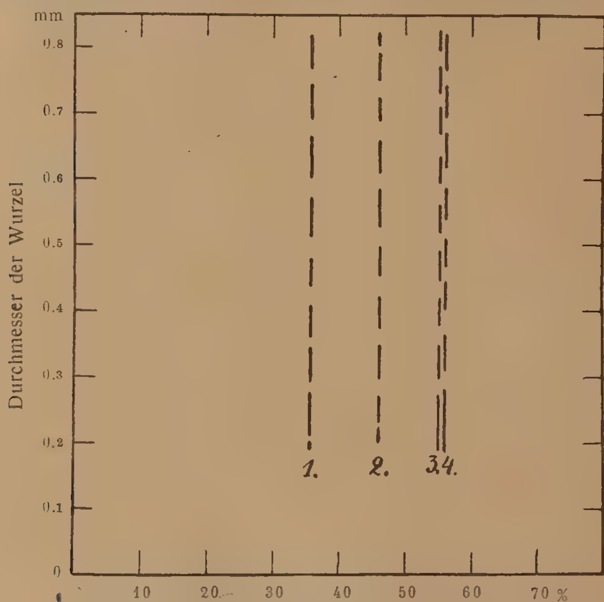


Fig. 8. Durchschnittliche Dehnung der Wurzeln der verschiedenen Roggensorten im Herbst (T.).
1. Petkuser, 2. Vered. Vasa, Ostolaroggen und 4. Iisalmiroggen.

Wirkung des Bodenfrostes zurückzuführen sein. Durchschnittlich ist die Dehnbarkeit des Petkuser 27.5 % von der ursprünglichen Länge. Die Dehnbarkeit des Iisalmiroggens war 54 % (Fig. 10); übrigens ist auch hier zu bemerken, dass die Dehnbarkeit im allgemeinen geringer ist und die Beobachtungen sich mehr zersplittern als im Herbst. Werden die Mittelwerte der untersuchten vier Sorten in einem Diagramm zusammengefasst (Fig. 11), so findet man, dass die anderen Sorten, näm-

lich der vered. Vasa und der Ostolaroggen, sich zwischen die vorerwähnten äussersten Sorten stellen, wie im Herbst. Es kann noch erwähnt werden, dass infolge der Einwirkung des Bodenfrostes bei sämtlichen Sorten

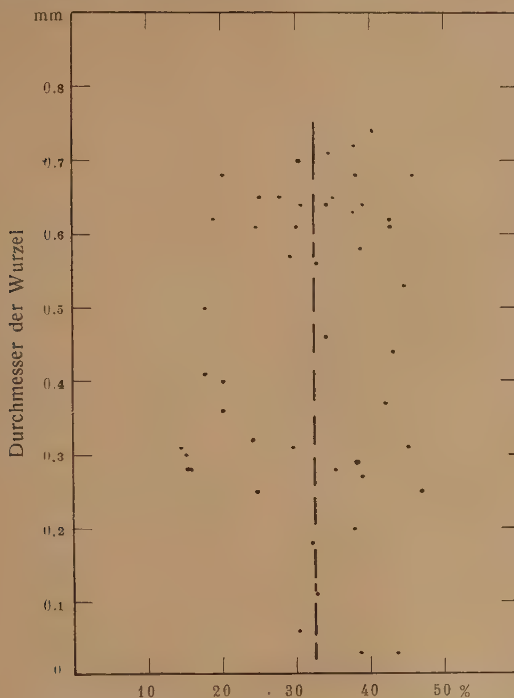


Fig. 9. Dehnung der Wurzeln des Petkuser im Winter (Y.).

sehr schlecht dehnbare Wurzeln angetroffen werden. Die aus dem Tikkurila-Material erhaltenen Resultate stimmten mit dem vorhergehenden überein (Fig. 12—14). Sie wichen jedoch darin ab, dass die dünneren Wurzeln sich mehr als die stärkeren dehnen liessen, so dass die Mittelwertlinie nach links abfiel. Die Neigung war bei dem Iisalmiroggen grösser (Fig. 14) als bei den übrigen Sorten und bei dem Petkuser am geringsten. Das Vorstehende ergibt, dass die verschiedenen Roggen-

sorten auch im Winter eine Dehnbarkeit von verschiedener Grösse haben, indem sie durchschnittlich 5 bis 10% geringer ist als im Herbst, eine Abnahme, die

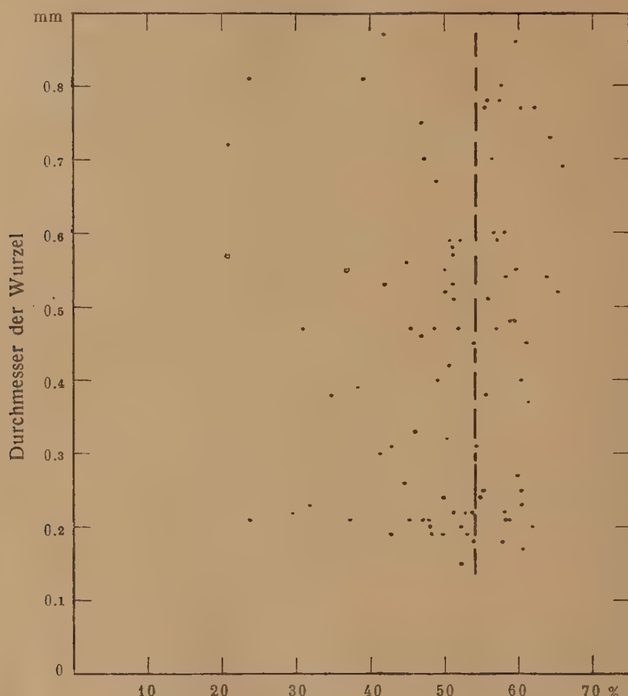


Fig. 10. Dehnung der Wurzeln des Iisalmiroggens im Winter (Y.).

auf der durch den Bodenfrost verursachten Dehnung beruht.

Weiter wurde, ebenso wie in der Herbstperiode, die Dehnbarkeit an verschiedenen Stellen einer und derselben Wurzel geprüft. Als Resultat ist zu erwähnen, dass während der Winterperiode keine so grosse Differenz der Dehnbarkeit an verschiedenen Stellen der Wurzel vorkam als im Herbst, was darauf

zurückzuführen sein dürfte, dass die Stammendteile der Wurzel im gefrorenen Boden einer grösseren Dehnung unterworfen gewesen sind als die Spitzenteile.

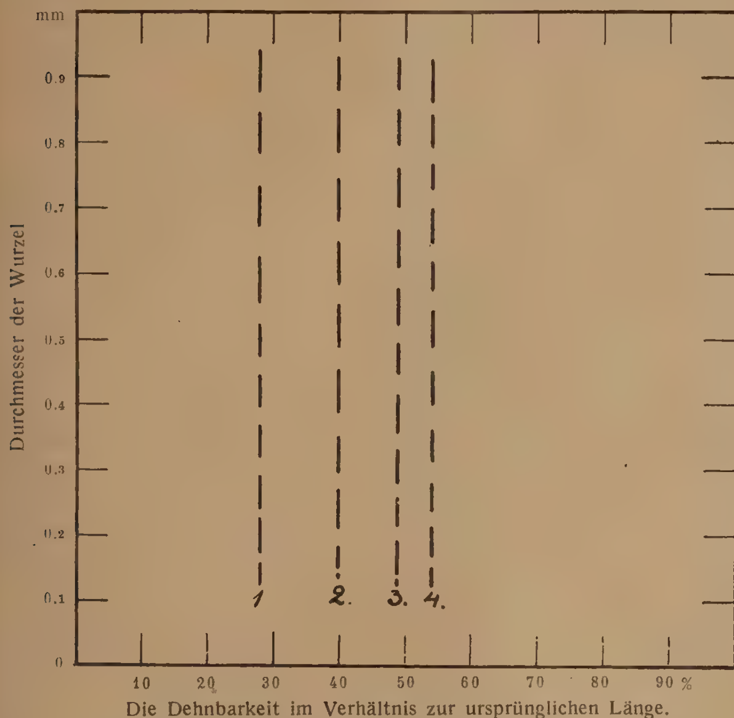


Fig. 11. Durchschnittliche Dehnung der Wurzeln der verschiedenen Roggensorten im Winter (Y.).
1. Petkuser, 2. Vered. Vasa, 3. Ostolaroggen und 4. Iisalmiroggen.

Die Dehnbarkeit im Frühjahr. — Im Frühjahr begannen die Dehnungsuntersuchungen Ende April und setzten sich bis Ende Mai fort. Die Resultate dieser Untersuchungen liessen erkennen, dass sich die Dehnbarkeit des Petkuser recht erheblich vermindert hatte. Auch der Iisalmiroggen hatte, im Vergleich zu den früheren Ergebnissen, an Dehnbarkeit verloren. Wir brauchen hier nicht genauer auf die Dehnbarkeiten der verschiedenen Wurzelklassen einzugehen, erwähnt sei nur, dass zwischen den

verschiedenen Wurzelklassen bedeutende Unterschiede bestehen, indem sich die jüngeren Wurzeln im allgemeinen weniger als die älteren dehnen lassen. Die Dehnungsresultate aller vier Sorten, sowohl für das Material aus Tikkurila als auch für das aus dem botanischen Garten, stimmen

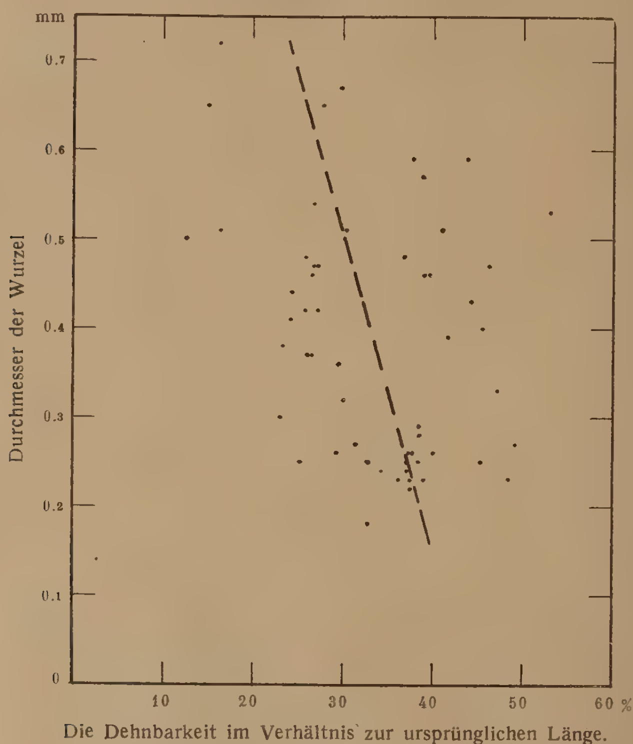


Fig. 12. Dehnung der Wurzeln des Petkuser im Winter (T.).

miteinander überein. Die verschiedenen Sorten stellen sich in dieselbe Reihenfolge wie vorher, und ihre Mittelwerte sind beträchtlich niedriger als im Winter, was darauf hindeutet, dass der Bodenfrost in der Frühlingszeit die Dehnbarkeit der Wurzeln noch in hohem Grade verringert hat.

Von den an verschiedenen Stellen der Wurzel ausgeführten Dehnungsmessungen sei als Resultat angegeben, dass die Dehnbarkeit der Wurzel an deren Stammendteil im allgemeinen gerin-

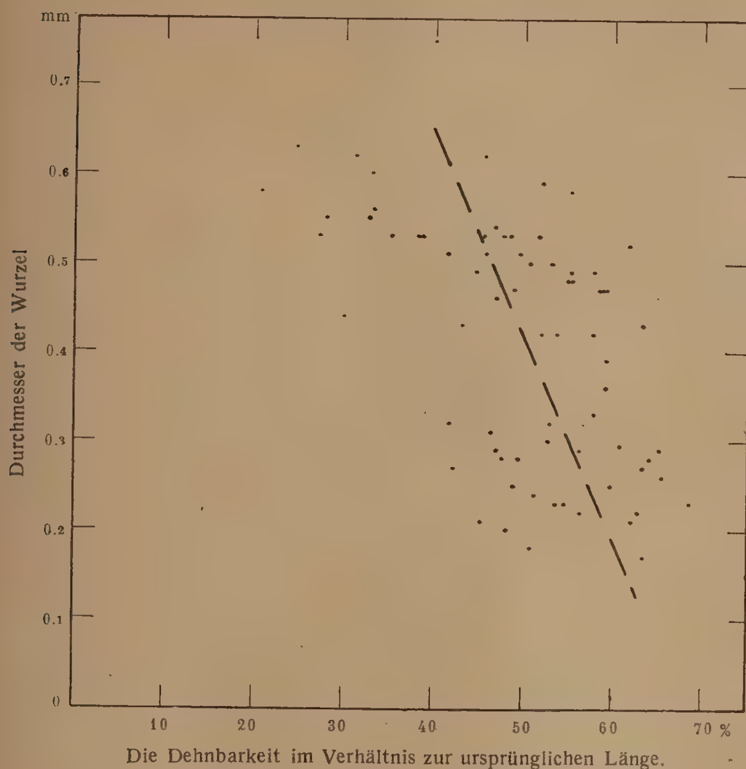


Fig. 13. Dehnung der Wurzeln des Iisalmiroggens im Winter (T.).

ger war als die der Teile weiter nach der Spitze der Wurzel hin, was darauf beruht, dass der Frost in den oberen Bodenschichten im Frühjahr den Stammendteil der Wurzel fast bis an die Grenze der Dehnbarkeit ausgedehnt hat, wogegen die Wirkung des Bodenfrostes die Spitzenteile der Wurzel nicht errreicht hat.

Die Dehnbarkeit während der Sommerperiode. — In der Sommerperiode wurden zwei Dehnungsserien ausgeführt, nämlich Anfang Juli und Anfang August. Die Resultate derselben bestehen darin, dass sich der

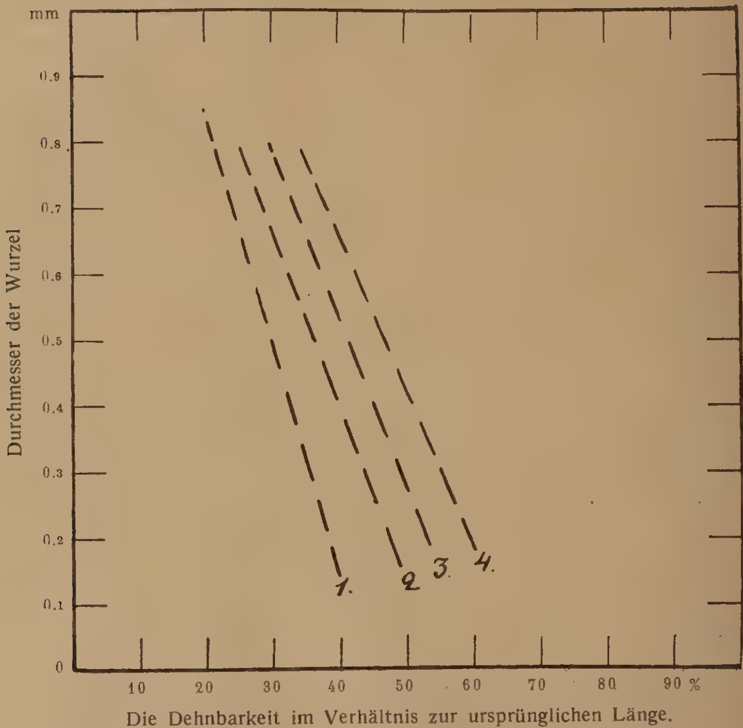


Fig. 14. Durchschnittliche Dehnung der Wurzeln der verschiedenen Roggensorten im Winter (T.).
1. Petkuser, 2. Vered. Vasa, 3. Ostolaroggen und 4. Iisalmiroggen.

Dehnbarkeitsunterschied zwischen den verschiedenen Roggensorten im Durchschnitt noch bewahrt hat (Fig. 15), obwohl die Unterschiede viel geringer geworden sind. Zwischen den Wurzelklassen bestehen ebenfalls bedeutende Unterschiede in den Dehnbarkeiten. In der ersten Wurzelklasse ist die Dehnbarkeit im allgemeinen gering, weil die Wurzeln dieser Klasse steife Stützwurzeln sind, ebenso ist die Dehnbarkeit in der

zweiten Wurzelklasse aus demselben Grunde verhältnismässig gering. Am grössten ist die Dehnbarkeit in der 3. und 4. sowie auch in der 5.

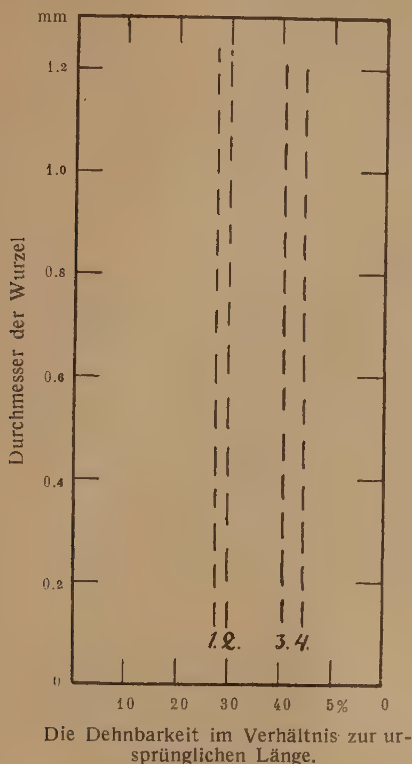


Fig. 15. Durchschnittliche Dehnung der Wurzeln der verschiedenen Roggensorten im Juli (Y.). 1. Petkuser, 2. Vered. Vasa, 3. Ostolaroggen, und 4. Iisalmiroggen.

Wurzelklasse, und am geringsten ist sie bei den Wurzeln der 6. Klasse, weil die Wurzeln da bereits abgestorben sind.

Was die Dehnbarkeit an den verschiedenen Stellen der Wurzel anbelangt, ist eine Unregelmässigkeit zu bemerken.

Vergleiche zwischen den Dehnbarkeiten der Wurzeln des Wintergetreides und des Sommergetreides. — Zur Vergleichung zwischen den Dehnbarkei-

ten der Sommer- und Wintergetreide wurden 3 Gersten- und 3 Hafersorten neben dem Petkuser und dem Iisalmiroggen sowie dem Brandackerroggen angebaut. Diese Getreidesorten wurden am 5. Juni gesät. Die Dehnungsmessungen wurden in zwei Serien Anfang Juli und Anfang August ausgeführt. Von den Resultaten sei erwähnt, dass die Wurzeln des Sommergetreides — sowohl der Gersten- als auch der Hafersorten — im allgemeinen eine viel geringere Dehnbarkeit als die der gleichzeitig gewachsenen Wintergetreide aufwiesen, obgleich bei den letzteren während der Wachstumszeit andere Verhältnisse bestanden als während ihrer eigentlichen Wachstumsperiode. Bei den Gerstensorten war die Dehnbarkeit der Wurzeln im allgemeinen durchschnittlich 30% und bei den Hafersorten ziemlich dieselbe, vielleicht eine etwas kleinere. Die Dehnbarkeit der Wurzeln des Petkuser war 40 %, die des Iisalmiroggens 52 % sowie die des Brandackerroggens über 60 %. Aus diesen Resultaten ersieht man, dass für die Wurzeln des Wintergetreides eine grosse Dehnbarkeit kennzeichnend ist, und dies ist auch natürlich, da das Wintergetreide dieser Eigenschaft der Wurzeln während ihrer Überwinterung bedürfen wird, wogegen sie für das Sommergetreide von viel geringerer Bedeutung ist.

VI. Die Dehnungsfestigkeit der Wurzeln.

Unter Dehnungsfestigkeit ist die Kraft zu verstehen, die erforderlich ist, um die Wurzel durch Dehnung zu zerreissen. Sie wurde in mm² für den ganzen Querschnitt der Wurzel berechnet. Ausserdem wurde sie bloss für die Fläche des Zentralzylinders der Wurzel festgestellt. — Die Dehnungsfestigkeit war im allgemeinen bei verschieden starken Wurzeln von sehr ungleicher Grösse. Als allgemeine Regel gilt, dass die dünneren Wurzeln bedeutend fester sind als die dickeren. Die Festigkeit der dünnen Wurzeln kann sich 6 bis 8 kg/mm² nähern, wogegen eine dicke Wurzel kein volles Kilogramm pro mm² aushält (vgl. Fig. 16 und 17).

Zwischen den verschiedenen Roggensorten besteht auch ein bedeutender Unterschied. Der Petkuser ist am schlechtesten und

der Iisalmiroggen am festesten. Der vered. Vasa und der Östolaroggen stellen sich zwischen die vorgenannten Sorten.

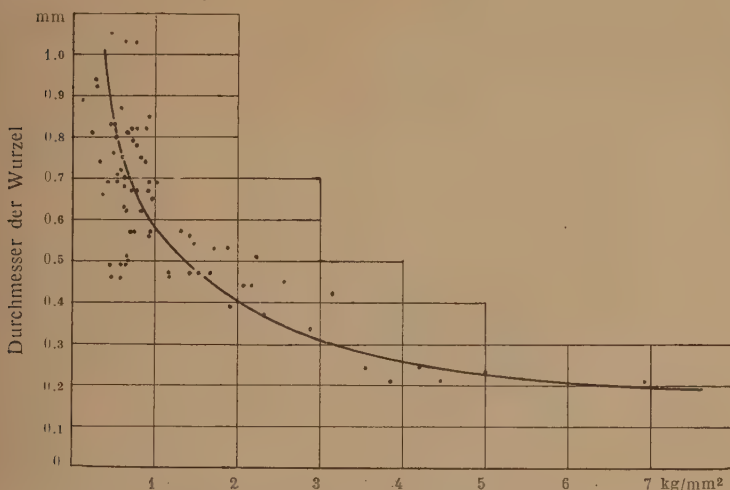


Fig. 16. Die Dehnungsfestigkeit der Wurzeln des Petkuser im Mai (Y.).

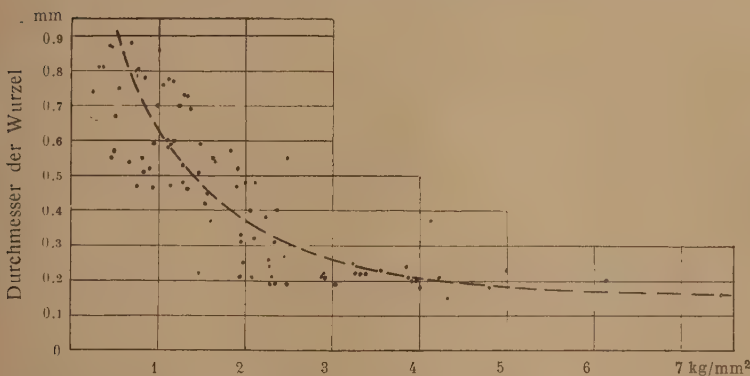


Fig. 17. Die Dehnungsfestigkeit der Wurzeln des Iisalmiroggens im Winter (Y.).

Zu verschiedenen Zeiten der Wachstumsperiode ist die Dehnungsfestigkeit der Wurzeln ebenfalls verschieden gross. Hier scheint als Regel zu gelten, dass die Festigkeit der Wurzeln durchschnitt-

lich im Laufe der Wachstumsperiode zunimmt und zur Zeit der Reife des Roggens am grössten ist. Bei verschiedenen Wurzelklassen ist die Festigkeit zu verschiedenen Zeiten der Wachstumsperiode einigermassen abweichend.

An verschiedenen Teilen einer und derselben Wurzel ist die Festigkeit während sämtlicher Entwicklungsperioden im oberen Teile am grössten und nimmt in der Richtung nach der Spitze der Wurzeln hin ab. Bisweilen kommt eine unerhebliche Ausnahme von dieser Regel vor.

Auf dieselbe Weise, wie Vergleiche zwischen den Dehnbarkeiten der Wurzeln des Wintergetreides und des Sommergetreides ausgeführt wurden, fanden auch Vergleiche zwischen den Dehnungsfestigkeiten der Wurzeln derselben Getreidesorten statt, und dabei zeigte sich, dass die Wurzeln des Wintergetreides im allgemeinen viel fester sind als die des Sommergetreides.

VII. Überblick über das Verhältnis der Überwinterung der Roggensorten zur Dehnbarkeit und Festigkeit ihrer Wurzeln.

Aus den im Vorhergehenden beschriebenen Überwinterungsbeobachtungen über die Roggensorten war zu ersehen, dass von den untersuchten Roggensorten der Petkuser am wenigsten und der Iisalmiroggen am meisten winterfest ist. Die beiden anderen Sorten haben ihren Platz zwischen ihnen. Für diese verschiedenen Sorten wurden aus denselben Beobachtungen die sog. Überwinterungswerte erhalten, die hier mitgeteilt seien:

Roggensorte	Nach den Beobachtungen der Versuchsanstalt Tikkurila 1925—1926	Nach eigenen Beobachtungen in Iisalmi 1925—1926	Nach eigenen Beobachtungen im botanischen Garten 1926—1927
Petkuser	7.4	1.8	4.0
Vered. Vasa	7.7	4.5	6.5
Ostolaroggen........	8.8	—	10.0
Iisalmiroggen	9.8	10.0	10.0

Werden die vorstehenden Werte und ihre Reihenfolge mit den entsprechenden Dehnbarkeits- und Dehnungsfestigkeitsprozenten im Herbst und zu den anderen Zeiten der Wachstumsperiode verglichen, so findet man, dass die Winterfestigkeit der Roggensorten im direkten Verhältnis zur Dehnbarkeit (sowie auch zur Dehnungsfestigkeit) ihrer Wurzeln derart steht, dass eine winterfeste Sorte sehr dehnbare und feste Wurzeln hat, und umgekehrt, dass eine schlecht überwinternde Sorte wenig dehnbare und schwache Wurzeln besitzt. Hieraus ist zu schliessen, dass eine Roggensorte, die sehr dehnbare und feste Wurzeln hat, auch winterfest ist. Hiernach kann die Winterfestigkeit wahrscheinlich in der Weise untersucht werden, dass man die Dehnbarkeit der Wurzeln der zu untersuchenden Roggensorte mit der Dehnbarkeit der Wurzeln einer sicher winterfesten Sorte vergleicht und auf Grund dieses Vergleiches beurteilt, ob die zu untersuchende Sorte winterfest ist oder nicht, ohne dass man mehrere Generationen anzubauen und aus ihren oberirdischen Teilen auf ihre Winterfestigkeit zu schliessen braucht, was infolge mancher mitwirkenden Faktoren weniger sicher ist.

Indessen sind zur Sicherung des vorstehenden Verfahrens noch manche auf die Dehnbarkeit einwirkenden Umstände aufzuklären. Unter solchen in erster Linie bedeutungsvollen Umständen ist zu erwähnen die Üppigkeit des Wachstums des Roggens. Nach den bisherigen Beobachtungen sind die Wurzeln der üppigen Saaten weniger dehnbar als die mit niedrigem Wuchs. Spätere genauere Untersuchungen müssen diese Frage aufklären. Ebenso ist es wichtig zu erfahren, wie die Aussaat, die Beschaffenheit des Standortes und dessen Düngung sowie auch die Bearbeitungsweise auf die Eigenschaften der vorerwähnten Wurzeln einwirken.

Erklärung der Tafeln.

Die beim Mikrophotographieren angewandte Vergrösserung war in der Regel 48-fach.

Tafel I. Die Wurzelformen.

Fig. 1—4. Querschnitte von Keimwurzeln.
Fig. 5—7. Querschnitte von Nährwurzeln.
Fig. 8—9. Querschnitte von Nähr-Stützwurzeln.
Fig. 10. Querschnitt einer Stützwurzel (Vergr. $^{40}/_{1}$).

Tafel II. Querschnitte von Roggenwurzeln während der Winterperiode.

Fig. 1—4. Keimwurzeln.
Fig. 5—10. Junge Nährwurzeln.
Fig. 11—13. Ältere Nährwurzeln mit dem infolge des Bodenfrostes abgelösten Rindenteil.

Tafel III. Querschnitte von Roggenwurzeln während der Frühjahrsperiode (10. V. 27).

Fig. 1—2. Neue, im Frühjahr gebildete Nährwurzeln.
Eig. 3—8. Überwinterte Nährwurzeln, bei denen sich der Rindenteil infolge des Bodenfrostes von dem Zentralzylinder abgelöst hat.
Fig. 9. Keimwurzel.

Tafel. IV. Querschnitte von Roggenwurzeln während der Sommerperiode (1. VIII. 27).

Fig. 1—2. Stützwurzeln (in Fig. 1 Vergr. $^{40}/_{1}$).
Fig. 3—5. Nähr-Stützwurzeln.
Fig. 6—7. Im Frühjahr gebildete Nährwurzeln.
Fig. 8—11. Überwinterte Nährwurzeln.
Fig. 12—13. Keimwurzeln.

Tafel V. Querschnitte von Weizenwurzeln während der Frühjahrsperiode.

Fig. 1—3. Neue, im Frühjahr gebildete Nährwurzeln.
Fig. 4—5. Überwinterte Nährwurzeln mit Spuren des Bodenfrostes.
Fig. 6. Keimwurzeln.

On the relation between the hibernation of rye and the extensibility and the tensile strength of its roots.

In attempting to improve the autumn cereals, rye and wheat, observations of hibernation play an essential rôle, for only those varieties that hibernate well are marketable, whereas the varieties which hibernate poorly, should be rejected.

Observations of the hibernating capacity have so far been confined to the parts above the ground. In connection with my previous investigations of the frost in the ground it occurred to me that the hibernating capacity, which according to the researches of Nilsson-Ehle is hereditary, might be related to the properties of the roots, and especially to their extensibility. *It seemed probable that the roots of plants that hibernate well are more extensible than of those hibernating poorly.*

Four varieties of rye were chosen as the objects of investigation, *viz.* the German improved variety Petkus, the improved varietys Vasa (of Svalöjin Sweden) and the homebred varieties Ostola and Iisalmi. According to the observations made at the Tikkurila Research Station the Petkus variety hibernated poorly, the Vasa variety better, the Ostola variety well and the Iisalmi rye very well. The test objects had been grown at the Botanical Gardens of the University. Fortunately, the observations could be verified by test data of the same varieties grown at the Agricultural Experimental Station. Experiments as to extensibility were also carried out on spring crops. The measurements of extensibility and tensile strength were made by means of an apparatus devised for this special purpose (Fig. 1).

Experiments as to extensibility presupposed some acquaintance with the root system of rye. As a result of the preliminary investigations for this purpose the roots were classified in four groups: 1) *germinal*, 2) *nutrient*, 3) *nutrient prop* and 4) *prop roots.* In this classification of the roots the time and place of their origin, their external and internal structure and their purpose were taken into account. The *germinal roots* (Table I., fig. 1—4) appear at the time of germination and are very thin (0.15—0.3 mm.) and soft, and are not very long. The *nutrient roots* (Table I., fig. 5—7) begin to develop sometime after the germination, and they are soft, very pliable and comparatively thick (0.3—0.9 mm.). They may be very long and highly ramified. Nutrient roots grow also in the spring as long as the plant is not yet very tall. The function of nutrient roots is to conduct nutrients. The *nutrient prop roots* begin to make their appearance at a time, when the culm is somewhat taller. Their basal part is very stiff and clothed with exceedingly thick root hair. This stiffness is due to the fact that the outer layers of cells of the roots have come to be endowed with thick membranes. The function of these roots is to prop the culm and conduct nutrients. The *prop roots* begin to deve-

lop about the earing time, and they are short, thick and stiff like pins. Their cross-section differs entirely from that of the previous classes of roots. The central cylinder is comparatively weak, whereas the outermost rows of the cortical cells are endowed with exceedingly thick membranes, which accounts for the stiffness and the pinny character of these roots. The function of these roots is to prop the culm.

The investigations were extended to the characteristics of the root system of the rye in the different growing periods, which were divided into four periods of development, *viz.* the *autumn, winter, spring and summer periods.* During the autumn period germinal and nurtient roots occur. The same roots, of course, continue to exist in the winter, too. The influence of the winter, however, is very considerable especially on older nutrient roots, for the frost in the ground detaches the cortical parts of the root from its central cylinder (cf. table II., fig. 11—13). The influence of the frost in the ground does not seem to be as hurtful on younger nutrient roots, and the germinal roots, too, withstand the effects of the frost well. During the winter period the roots break to some extent. During the spring period, when the growing processes are very vigorous, there are mainly germinal and nutrient roots, but towards its end nutrient prop roots make their appearance. At the beginning of the spring period, owing to the ice caused by the night frosts, a great many roots break. During the summer period the root system consists of germinal, nutrient, nutrient prop and prop roots, which all vary greatly in their external appearance.

The *extensibility* of the roots was determined for their basal part for a stretch of 1—3 cm. from the base outwards. At each period of development a sufficient number of tests were carried out. The extensibility of the roots of rye varied at the end of the autumn period for the different varieties in such a manner that the Petkus possessed the least extensibility, or 38—40 % of the original length (cf. fig. 3—10), then followed the Vasa, the Ostola and the Iisalmi varieties, the Iisalmi rye having the greatest rate of extensibility, being nearly twice as great as that of the Petkus variety, or 56 %. During the winter period the extensibility of the roots was less for all varieties than in the autumn, which was due to the fact that the frost in the ground had stretched the roots. The individual cases are more scattered for the winter than for the autumn (cf. fig. 9—14), but the differences for the individual varieties were quite distinct: the Petkus less than 30 %, the Vasa rye 40 %, the Ostola rye 50 % and the Iisalmi rye 54 %. In the spring the extensibility of the roots was less for all varieties than in the winter, which was due to the fact that the freezing of the ground in the night stretched the roots severely. The different varieties, however, followed in the same order, *viz.* the Petkus rye had the least rate of extensibility, then came the Vasa rye, then the Ostola, then the Iisalmi varieties. During the summer period the rate of extensibility of the different varieties had the same order, although the differences were less pronounced.

The extensibility tests for the different parts of the same root showed that during the autumn period the rate of extensibility decreases from the base to the tip. In the winter this decrease is less pronounced, and in the spring the case is generally the reverse, so that the extensibility of the basal parts of the roots is less than that of the parts near the tip, a decrease in extensibility which is brought about by the congelation of the surface layers of the ground, whereby the basal parts of the roots are stretched severely.

The *tensile strength* of the roots exhibited the same variations between the different varieties as had been recorded for extensibility. As a rule the tensile strength of the roots increased greatly in the course of the growing period. The thicker roots were weaker than the thin ones. Thus a root of c. 1.0 mm. thickness sustained a weight of 0.5—1.0 kg. per mm.² before breaking, whilst the roots with a diameter of 0.15 mm. sustained a weight of 7—8 kg. per mm.² (cf. fig. 16 and 17).

The investigations carried out demonstrate that the hibernating capacity of the different varieties bear the same proportion to one another as the extensibility of their roots. Consequently it is proved that plants hibernating well have far more extensible roots than those hibernating poorly. From this it may be concluded that plants endowed with very extensible roots are to withstand the winter. Thus the extensibility of roots may be used as a gauge for measuring the ability to stand the winter by comparing the extensibility of the roots of the species under examination to that of the roots of a species with evident hibernating capacity. This comparison shows, whether a species is able to withstand winter or not, without its being necessary to grow it for several generations or to draw conclusions from the parts above the ground.

For the corroboration of this procedure, however, investigation of many more circumstances closely connected with the extensibility and hardiness of roots is necessary. Among these may be mentioned in the first place the influence of the luxurience of rye, the quality of the soil, the mode of sowing and tilling the soil, all of which probably exert a great deal of influence on the extensibility of roots.

Selostus.

Rukiin talvehtimisen ja sen juurien venyvyyden ja venytyskestävyyden välisestä suhteesta.

Aikaisemmissa routaa koskevissa tutkimuksissani on mainittu, miten maa jäätyessään laajenee. Routaosassa olevat kasvien juuret joutuvat tällöin suuremman tai pienemmän venetyksen alaiseksi. Näyttää hyvin todennäköiseltä, että kasveilla, jotka talvehtivat hyvin, on venyvämmät juuret kuin kasveilla, jotka talvehtivat huonosti. Syysvilja- ja heinälajien talvehtimisessa juurien venymisellä olisi suuri merkitys. Asian selvittämiseksi valittiin neljä ruislaatua, nim. Iisalmen maatiaisruis, Ostolan maatiaisruis, Jalostettu Vaasanruis ja Petkus, joista tunnettiin, että ensinmainitut kaksi ruista talvehtivat hyvin ja Vaasan ruis verraten huonosti ja aivan huonoimmin Petkus. Mainituista laaduista kasvatettiin kaksi rinnakkaisaineistoa: toinen yliopiston kasvitieteellisessä puutarhassa ja toinen Tikkurilassa kasvijalostuslaitoksen koekentällä. Juurien venyttämistä varten rakennettiin erikoinen kone (kuva 1), josta voitiin lukea sekä venyvyys mm:ssä että siihen tarvittava voima vieterin avulla.

Kuitenkaan ei tutkimuksissa päästy yksistään venytyksillä, vaan täytyi selvitellä myös rukiin juuristoja, sillä osoittautui, etteivät tiedot, joita niistä oli olemassa, olleet läheskään tyydyttäviä. Juuristoja koskevat tutkimukset osoittivat, että voitiin eroittaa muodostumisajan, -paikan ja tarkoituksen mukaan neljänlaisia juuria: *1. itämis-, 2. ravinto-, 3. ravintotuki- ja 4. tukijuuria.* Itämisjuuret (4—6 kpl.) syntyvät siemenen itäessä ja ovat sijoittuneet juuristossa alimmaksi. Nämä juuret ovat ohkoisia (0.1—0.3 mm), mutta lujia. Ravintojuuret alkavat muodostua n. 2—3 viikkoa kylvön jälkeen ja ovat sijoittuneet juuristossa itämisjuurien yläpuolelle. Ne ovat paksumpia (0.3—1.0 mm.) kuin itäämisjuuret. Muita juurimuotoja ei tavallisissa oloissa esiinnykään syksyllä. Ravintotukijuuria alkaa muodostua keväällä, kun korsi pitenneenä alkaa tarvita tukea. Ne sijoittuvat maanpinnan alapuolelle ravintojuurien yläpuolelle. Noin kukkimisen aikaan alkaa kasvaa varsinaisia tukijuuria, joista suurin osa muodostuu maanpinnan yläpuolella oleviin korren alasolmuihin.

Juuriaineistoa luokitellessa tehtiin havaintoja roudan aiheuttamasta (keväällä) juurien katkeamisista. Tällöin huomattiin, että poikkinaisia juuria oli enin Petkuksella, sitten Vaasanrukiilla, sen jälkeen seurasivat molemmat maatiaiset. Poikkimenneissä juurissa ei ole venyvyys ollut niin suuri kuin routineen maan laajeneminen.

Venytyskokeet osoittivat, että syksyllä ovat rukiin juuret venyvimpiä, jolloin venyvyys oli maatiaisrukiilla lähes 60 % alkuperäisestä pituudesta, Vaasanrukiilla n. 45—50 % ja Petkuksella n. 35—40 %. Talvella, helmikuussa oli venyvyys keskimäärin 10 % pienempi, mikä vastaa suunnilleen maantilavuuden lisäystä routiessa. Kevätrousteen vaikutuksesta pienenee venyvyys hyvin suuresti ja saattaa monessa tapauksessa kulua loppuun, jolloin seuraa usein juuren katkeaminen. Kesällä pienenee venyvyys kasvun edistyessä ja kypsymisen aikaan se on hyvin pieni.

Vertailun vuoksi tutkittiin kevätviljoja, ohraa ja kauraa tässä suhteessa ja tutkimukset osoittivat, että kevätviljojen juurien venyvyys on tuntuvasti pienempi kuin rukiin eli alle 30 % alkuperäisestä pituudesta.

Suoritetut tutkimukset osoittivat, että juurien venyvyys on syysviljalle ominaista, jota ominaisuutta se tarvitsee talvehtimiseen ja että rukiin juurien venyvyys on suorassa suhteessa niiden talvehtimiskykyyn, joten viimeksi mainittu ominaisuus täytyisi voida määrätä juurien venyvyyden avulla. Juurien venyvyys on siis huomattava tekijä juurien talvehtimisessa, sillä se ehkäisee roudan mekanista vaikutusta.

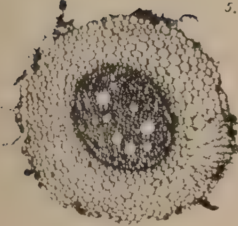
TAFELN

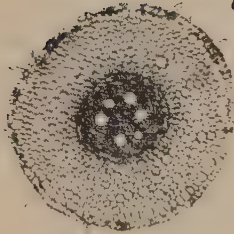

1

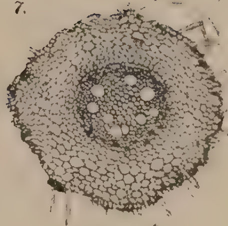

2

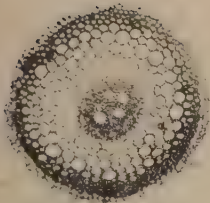

3.

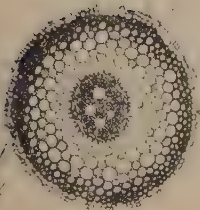

4


5.


6


7.


8.


9


10.

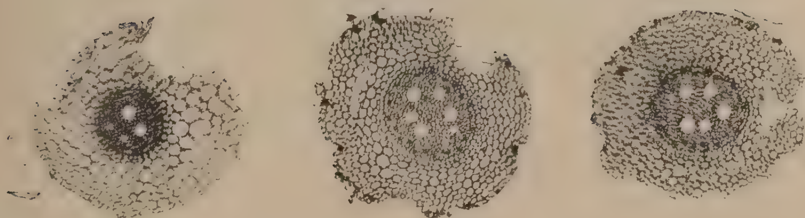
1 – 4.



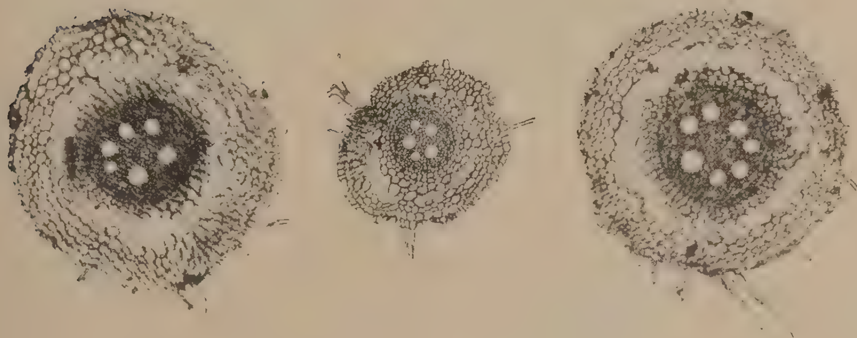
5 – 7.



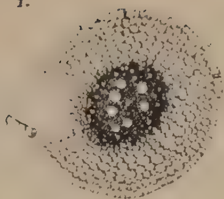
8 – 10.

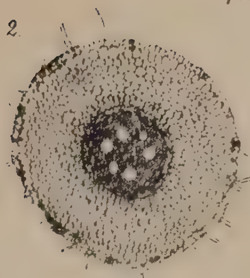


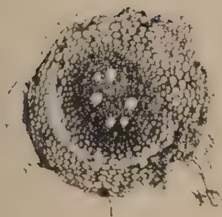
11 – 13.



Tafel III.



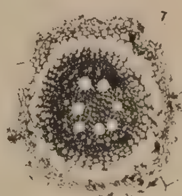


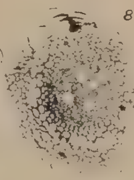




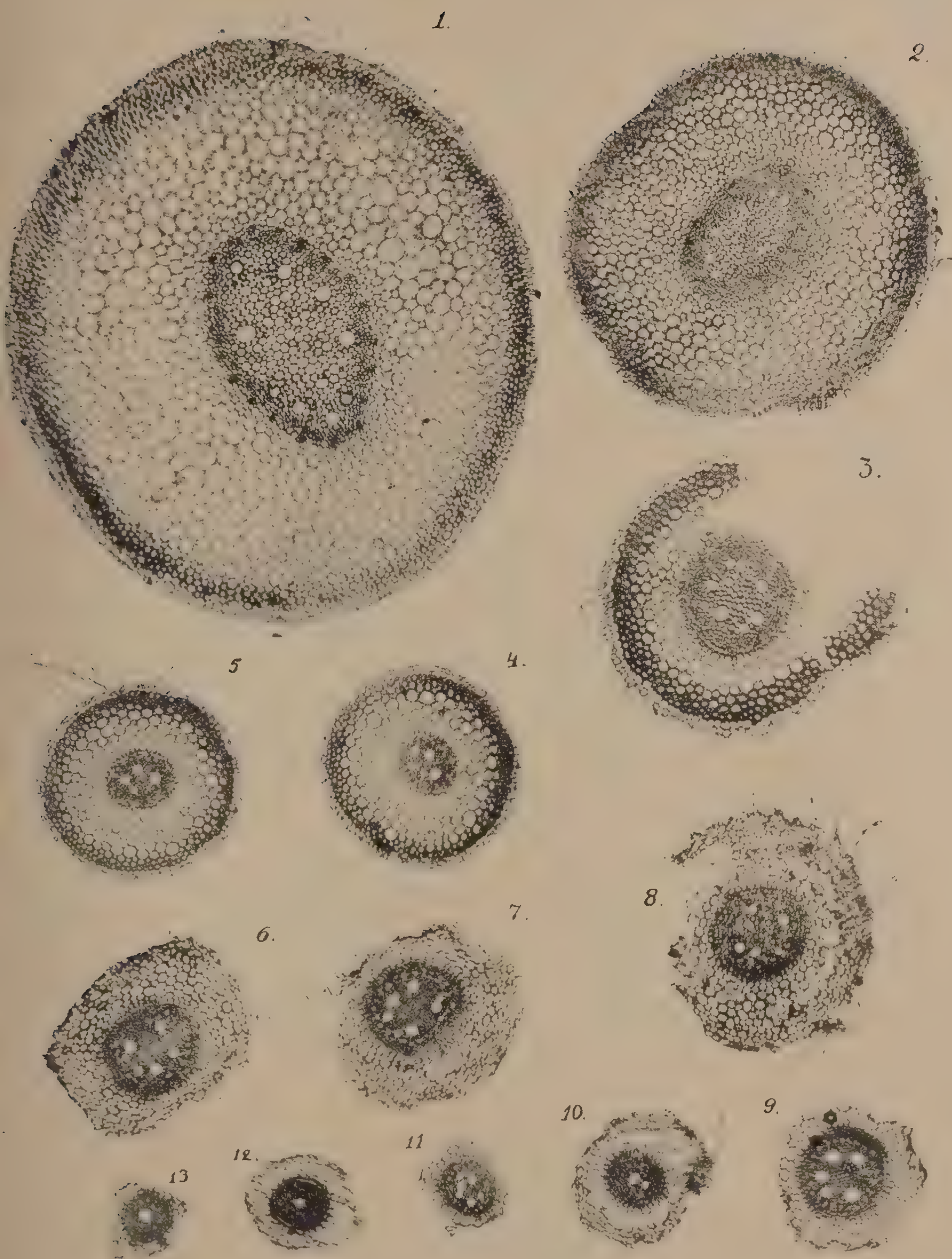








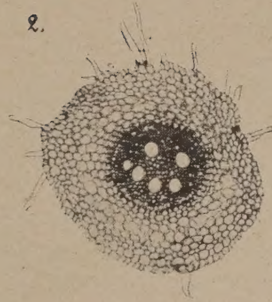



1.
2.
3.
4.
5
6.
7.
8.
9.
10.
11
12.
13

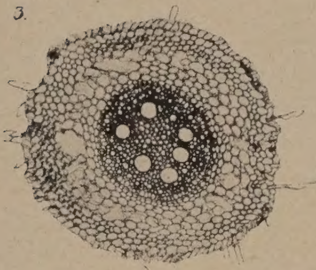
1.



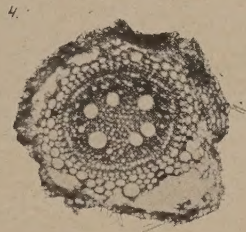
2.



3.



4.



5.



6.

